



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт новых материалов
и технологий**

**М. Г. ГАЛКИН
И. В. КОНОВАЛОВА
А. С. СМАГИН**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

М. Г. Галкин
И. В. Коновалова
А. С. Смагин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
для студентов вуза, обучающихся
по направлению подготовки
15.04.05 — Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2018

УДК 621.9.01(075.8)

ББК 34.63-2я73

Г16

Рецензенты:

завкафедрой технологии машиностроения Новоуральского технологического института Национального исследовательского ядерного университета — МИФИ канд. техн. наук, доц. *В. В. Закураев*;
главный технолог ПАО «Машиностроительный завод им. Калинина»
О. Г. Кулькаманов

Научный редактор — д-р техн. наук, проф. *А. М. Антимонов*

Галкин, М. Г.

Г16 Проектирование процесса механической обработки корпусных деталей : учебное пособие / М. Г. Галкин, И. В. Коновалова, А. С. Смагин. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 200 с.

ISBN 978-5-7996-2358-6

В пособии содержится подробная методика выполнения проекта по модулю «Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения». Рассмотрены алгоритм проектирования и особенности выполнения отдельных этапов проекта на примере корпусной детали червячной передачи. Методика содержит примеры расчетов припусков, режимов резания и технических норм времени. Уделено внимание последовательности выполнения размерного анализа технологического процесса. Основные справочные материалы представлены в приложении данного пособия.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» уровня подготовки магистратуры.

Библиогр.: 18 назв. Рис. 27. Табл. 46. Прил. 8.

УДК 621.9.01(075.8)

ББК 34.63-2я73

ISBN 978-5-7996-2358-6

© Уральский федеральный
университет, 2018

Оглавление

Предисловие.....	4
Раздел 1. Технологическая часть	5
1. Оценка технологичности конструкции изделия.....	7
2. Определение типа производства.....	9
3. Последовательность разработки технологии обработки	11
4. Нумерация обрабатываемых поверхностей	13
5. Выбор исходной заготовки и метода ее получения	14
6. Определение этапов и методов обработки поверхностей.....	16
7. Формирование операций и операционных эскизов.....	18
8. Обоснование выбора оборудования	23
9. Обоснование выбора схем базирования.....	27
10. Расчет припусков аналитическим методом.....	33
11. Размерный анализ технологического процесса	41
12. Выбор режимов резания при механической обработке	54
13. Нормирование технологических операций.....	69
14. Оформление технологической документации	81
14.1. Оформление маршрутной карты	81
14.2. Оформление операционной карты.....	85
14.3. Оформление карты эскизов	88
Раздел 2. Конструкторская часть	91
Введение	93
1. Выбор установочных элементов.....	94
2. Анализ обеспечения точности обработки	95
3. Проектирование зажимных устройств	99
4. Силовой расчет приспособления	100
4.1. Первый этап расчета	101
4.2. Второй этап расчета	114
4.3. Расчет и выбор привода	116
5. Проектирование прочих элементов приспособления	117
6. Оформление чертежа приспособления	118
7. Оформление спецификации приспособления	118
Библиографический список.....	119
Приложение 1. Проект по модулю «Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения»....	121
Приложение 2. Расчет припусков	128
Приложение 3. Режим резания	145
Приложение 4. Технические характеристики станков.....	162
Приложение 5. Вспомогательный и режущий инструмент	174
Приложение 6. Примеры выбора вспомогательного и режущего инструмента	183
Приложение 7. Нормативы вспомогательного времени	185
Приложение 8. Мощность резания	191

Предисловие

В пособии приводится методика проектирования процесса механической обработки корпусной детали от оценки технологичности конструкции и нумерации поверхностей до подробной разработки операционной технологии в условиях среднесерийного производства с использованием предварительно настроенного на размер универсального оборудования. Процесс проектирования механической обработки разделен на две части: технологическую и конструкторскую.

В технологической части представлен алгоритм по выбору исходной заготовки, формированию маршрутной технологии, выбору металлообрабатывающего оборудования, синтезированию схем базирования, расчету технологических припусков, режимов резания и норм времени на каждой операции. Произведена оценка точности выполнения конструкторских размеров, отражена методика расчета размерных связей по трем координатным осям.

В конструкторской части представлена последовательность проектирования установочно-зажимного приспособления с механизированным приводом. Приведены методики точностного и силового расчета проектируемого приспособления, а также расчет параметров привода и рекомендации по оформлению сборочного чертежа и спецификации.

Представленный алгоритм рекомендуется использовать для проектирования процесса механической обработки корпусных деталей, а также для выполнения проекта по модулю «Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения», входящего в образовательную программу «Технология машиностроения» по направлению подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Для разработки технологических решений в приложениях даны подробные справочные материалы, данные из технической литературы, а также отражено содержание проекта и требования к его оформлению.

В основу издания положен многолетний опыт по разработке методик выполнения курсовых работ и курсовых проектов на кафедре технологии машиностроения Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина.

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.

Оценка технологичности конструкции изделия

Технологичность конструкции изделия согласно ГОСТ 14.205–83 — это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Качественная оценка технологичности детали заключается:

- в выявлении наличия удобных базирующих поверхностей, обеспечивающих возможность совмещения и постоянства баз;
- возможности свободного подвода и вывода режущего инструмента при обработке;
- удобстве контроля точностных параметров;
- возможности уменьшения протяженности точных обрабатываемых поверхностей;
- соответствии формы дна отверстия форме конца стандартного инструмента для обработки;
- правильности входа инструмента в зону обработки и выхода из зоны;
- возможности обработки поверхностей на проход.

Количественная оценка технологичности детали заключается в определении коэффициентов:

- использования материала;
- точности обработки;
- качества обработки.

Коэффициент использования материала детали $K_{и.м}$ определяется как отношение массы детали к массе заготовки:

$$K_{\text{и.м}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}}. \quad (1.1)$$

Нужно стремиться, чтобы величина $K_{\text{и.м}}$ была больше 0,6, эту величину можно принять и при определении ориентировочной массы заготовки.

Коэффициент точности обработки $K_{\text{тч}}$ определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{тч}} = 1 - 5 \frac{\sum n_i}{\sum A \cdot n_i}, \quad (1.2)$$

где A — квалитет точности обработки; n_i — число размеров соответствующего квалитета точности; 5 — наивысший квалитет точности для механообработки.

Например, если на чертеже детали имеется 3 размера, выполненные по 8-му квалитету, 4 размера по 10-му квалитету и 5 размеров по 12-му квалитету, то параметр $K_{\text{тч}}$ будет определен по формуле (2.1) следующим образом:

$$K_{\text{тч}} = 1 - 5 \frac{3 + 4 + 5}{(3 \cdot 8 + 4 \cdot 10 + 5 \cdot 12)} = 0,52.$$

Если значение $K_{\text{тч}}$ больше 0,5, то деталь считается технологичной по этому показателю. Следовательно, чем меньше $K_{\text{тч}}$, тем выше средняя точность обработки.

Коэффициент определяется по чертежу детали, и при необходимости его нужно увеличить, изменяя, где это возможно, точность размеров.

Для определения коэффициента шероховатости обрабатываемых поверхностей $K_{\text{ш}}$ используется следующая зависимость:

$$K_{\text{ш}} = \frac{\sum n_i}{\sum \sigma \cdot n_i}, \quad (1.3)$$

где n_i — число поверхностей, подлежащих механообработке; σ — признак величины шероховатости.

Значение σ определяется по следующей эмпирической формуле:

$$\sigma = 1 - \frac{\ln \left(\frac{Ra_i}{80} \right)}{0,693}, \quad (1.4)$$

где Ra_i — параметр шероховатости i -й поверхности, мкм; 80 — наибольшая высота микронеровностей, мкм.

Например, деталь имеет 2 поверхности с шероховатостью $Ra_i = 1,6$ мкм, 3 поверхности с $Ra_i = 3,2$ мкм и 6 поверхностей с $Ra_i = 6,3$ мкм. Тогда величина $K_{\text{ш}}$ будет определена по формуле (1.3) следующим образом:

$$K_{\text{ш}} = \frac{2+3+6}{\left(1 - \frac{\ln \frac{1,6}{80}}{0,693}\right) \cdot 2 + \left(1 - \frac{\ln \frac{3,2}{80}}{0,693}\right) \cdot 3 + \left(1 - \frac{\ln \frac{6,3}{80}}{0,693}\right) \cdot 6} = 0,19.$$

Если значение $K_{\text{ш}}$ не превышает значения 0,3, то деталь считается технологичной по данному показателю. Подобным образом необходимо определить $K_{\text{ш}}$ для заданной детали, руководствуясь ее чертежом.

Данные расчеты необходимо выполнить перед определением типа производства.

2.

Определение типа производства

Технология изготовления деталей в значительной степени зависит от типа производства, поэтому, приступая к проектированию, необходимо предварительно установить, к какому типу будет относиться производство данной детали, учитывая ее массу и размер годового выпуска.

Типом производства согласно ГОСТ 14.004—83 называется классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. Различают типы производства: единичное, серийное, массовое [13].

Согласно требованиям ГОСТа тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{3.0}$, который определяется по формуле

$$K_{3.0} = \frac{O}{P}, \quad (1.5)$$

где O — число различных операций, выполняемых за месяц; P — число рабочих мест, выполняющих операции.

Если $K_{3,0} = 1$, то производство считается массовым,

$1 < K_{3,0} \leq 10$ — крупносерийным,

$10 < K_{3,0} \leq 20$ — среднесерийным,

$20 < K_{3,0} \leq 40$ — мелкосерийным.

Для единичного производства $K_{3,0}$ не регламентируется.

При выполнении проекта принимаем среднесерийный тип производства, так как данные для определения $K_{3,0}$ отсутствуют, поскольку неизвестны реальные производственные условия, в которых будет изготавливаться деталь.

Объем годового выпуска, используя табл. 1.1, определяем по следующей зависимости:

$$y_i = \frac{y_k(x_i - x_{k+1}) - y_{k+1}(x_i - x_k)}{x_k - x_{k+1}}, \quad (1.6)$$

где y_i — годовой объем выпуска детали; y_{k+1} и y_k — границы интервала годового объема выпуска детали данной массы для среднесерийного производства; x_i — масса детали; x_{k+1} и x_k — границы интервала, в который попадает рассчитанная масса детали для среднесерийного производства.

Таблица 1.1

Зависимость типа производства от объема выпуска и массы

Масса детали, кг	Объем годового выпуска N , шт., в зависимости от типа производства		
	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1	2000...75000	75000...200000	> 200000
1...2,5	1000...50000	50000...100000	> 100000
2,5...5	500...35000	35000...75000	> 75000
5...10	300...25000	25000...50000	> 50000
> 10	200...10000	10000...25000	> 25000

При серийном производстве необходимо определить размер партии деталей, запускаемых одновременно в производство. Для этой цели используется следующая формула, шт.:

$$n = \frac{a \cdot N}{260}, \quad (1.7)$$

где n — число деталей в партии; N — годовой выпуск деталей, шт.; a — коэффициент запаса деталей на складе перед сборкой (табл. 1.2); 260 — число рабочих дней в году при 5-дневной рабочей неделе.

Таблица 1.2

Запас деталей на складе, шт.

Характеристика деталей	Тип производства	
	Мелкосерийное	Среднесерийное и крупносерийное
Мелкие	10	5
Средние	5	3
Тяжелые	5	3

3.

Последовательность разработки технологии обработки

Технологический процесс механической обработки детали необходимо разрабатывать в следующей последовательности.

1. После установления типа производства выбрать вид заготовки (поковка, литье) и метод ее получения (штамповка под молотом, прессом, отливка в земляную форму, в кокиль и т. д.).

2. Тщательно изучить чертеж детали и занумеровать все обрабатываемые поверхности в порядке их расположения. Черные поверхности, используемые в качестве технологических баз, обозначить буквами. Выяснить, по какому качеству точности и с какой шероховатостью требуется обработать поверхности детали.

3. В зависимости от вида поверхности, а также ее точности и шероховатости выбрать методы обработки и наметить планы обработки каждой поверхности.

4. Сформировать из планов обработки элементарных поверхностей технологические операции и оформить в табличном виде эскизы. Выбрать для каждой операции станки и привести в виде таблицы их краткую техническую характеристику.

5. Упорядочить последовательность выполнения операций в технологическом маршруте, разбить операции на установовы и выбрать для каждой операции технологические базы. Сначала следует определить чистовые базы для обработки основных поверхностей детали, т. е. базы, состоящие из уже обработанных поверхностей. После этого выбирают черновые базы для обработки чистовых баз. При выборе черновых баз следует учитывать их размерную связь с основными поверхностями детали и иметь в виду, что черные (необрабатываемые) поверхности могут использоваться в качестве баз только один раз на первых операциях технологического процесса. Выбрав чистовые базы для обработки основных поверхностей, необходимо установить возможность их использования для обработки остальных поверхностей детали, т. е. возможность осуществления принципа постоянства баз. Если осуществление этого принципа полностью или частично оказывается невозможным, то необходимо выбрать технологические базы для обработки всех остальных поверхностей детали.

Поскольку выбор баз предопределяет последовательность операций, то на первых операциях обрабатываются поверхности, выбранные в качестве чистовых баз для обработки основных поверхностей, а далее производится окончательная или предварительная обработка основных поверхностей детали. Затем следуют операции по обработке прочих поверхностей и заканчивается обработка чистовыми или отделочными операциями основных поверхностей детали (шлифование, хонингование, полирование и т. п.).

Особое внимание следует обратить на формирование первой операции, учитывая ее роль и значение в технологическом процессе, а именно:

- а) на первой операции устанавливаются связи между поверхностями, подлежащими обработке, и поверхностями, остающимися необработанными. Поэтому во всех возможных случаях за черновые базы принимают удобные для установки черные необрабатываемые поверхности;
- б) на первой операции осуществляется фактическое распределение припусков между обрабатываемыми поверхностями.

От того, насколько грамотно выбраны базы на первой операции, зависит качество всего технологического процесса.

6. После установления последовательности выполнения операций произвести упорядочение переходов внутри каждой операции, конкретизирующих концепцию обработки детали.

7. Далее необходимо определить межоперационные припуски на механическую обработку и назначить допуски по ЕСДП в соответствии с этапами обработки.

8. На следующем шаге нужно произвести размерный анализ технологического процесса, в результате которого определяются технологические размеры, их допуски и размеры исходной заготовки. Допуски, полученные расчетным путем, должны быть согласованы с аналогичными данными из ЕСДП.

9. На завершающем этапе требуется выбрать металлорежущий инструмент, рассчитать режимы резания и произвести трудовое нормирование по каждой операции.

4.

Нумерация обрабатываемых поверхностей

Проектирование процесса механической обработки рассмотрим на примере корпусной детали, чертеж которой представлен в прил. 1.

Для удобства проектирования маршрутов обработки поверхностей детали необходимо предварительно эти поверхности пронумеровать (рис. 1.1).

Для корпусных деталей характерно изменение размеров в направлении трех координатных осей X , Y , Z . Следовательно, нумерацию удобнее выполнять независимо по каждой из этих осей.

Сначала необходимо задать начало системы координат таким образом, чтобы номера обрабатываемых поверхностей возрастали в направлении соответствующих осей.

Например, в направлении оси Z номера поверхностей будут изменяться от 1 и далее, в направлении оси X — от 10 и далее, а в направлении оси Y — от 20 и далее.

При этом необходимо учитывать номера уже отмеченных ранее поверхностей. В частности, это касается отверстий и других цилиндрических поверхностей.

Этот алгоритм удобен при дальнейшем составлении размерной схемы технологического процесса.

Данный принцип нумерации реализован в рассматриваемом примере и представлен на рис. 1.1.

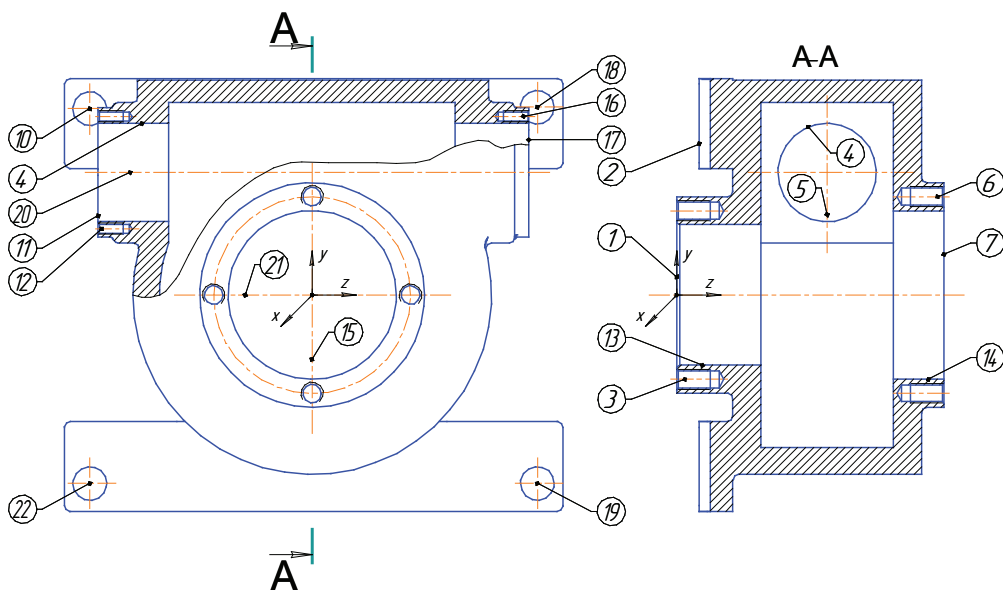


Рис. 1.1. Нумерация обрабатываемых поверхностей

5.

Выбор исходной заготовки и метода ее получения

В качестве вида заготовки может быть выбрана ковкая, штампованная или полученная одним из способов литья.

При ее выборе необходимо учитывать следующие параметры:

- а) материал детали,
- б) конфигурацию детали,
- в) тип производства.

Исходя из этих рекомендаций, необходимо разработать контур заготовки, который может быть совмещен с чертежом детали. В упрощенном варианте ее эскиз необходимо представить в пояснительной записке (рис. 1.2) и пронумеровать поверхности в соответствии с номерами обрабатываемых поверхностей на детали.

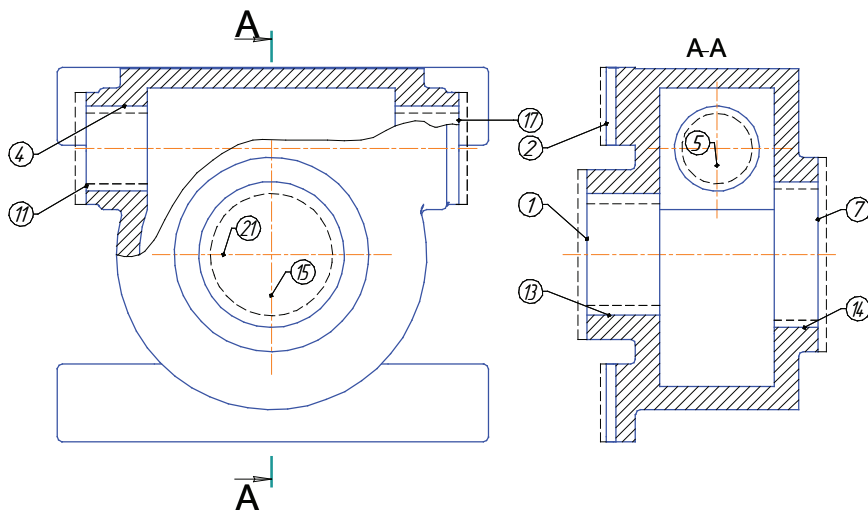


Рис. 1.2. Вид исходной заготовки

Метод получения заготовки целесообразно выбирать, руководствуясь данными справочной литературы [1, 7].

Для рассматриваемой детали из-за ее сложной конфигурации предложено литье в песчано-глинистые, сырые формы из смесей с влажностью 2,8–3,5 % и прочностью 120–160 кПа со средним уровнем уплотнения.

Для кованных и штампованных заготовок необходимо выбрать оборудование и указать способковки или штамповки.

6. Определение этапов и методов обработки поверхностей

Известно, что за один технологический переход не всегда удастся достичь параметров поверхности, заданных на чертеже. Значит, необходимо предусмотреть несколько промежуточных переходов, особенно для точных поверхностей.

Для решения этой задачи в процессе технологического проектирования введено понятие этапов обработки. В этом случае под этапом обработки понимается часть технологического процесса, включающая однородную по характеру и точности обработку поверхностей на заготовке. Следовательно, этап обработки зависит от состояния поверхностей после обработки, т. е. сочетания точности и шероховатости.

С учетом накопленного опыта в среднем машиностроении в данном проекте можно рекомендовать 4 этапа обработки, которые необходимо представить в виде табл. 1.3.

Для создания маршрутного описания технологического процесса нужно предварительно определить планы обработки каждой предварительно пронумерованной элементарной поверхности детали. Под планом обработки понимается последовательность методов обработки (переходов), необходимых для достижения, заданного чертежом состояния поверхности.

Следовательно, в соответствии с состоянием поверхностей на рабочем чертеже нужно выделить необходимое число этапов механической обработки для обеспечения требуемых параметров. В соответствии с принятой схемой этапов обработки заполняется табл. 1.3, в которой моделируется последовательность обработки каждой пронумерованной поверхности [17].

Для выбора методов обработки поверхностей необходимо учитывать вид поверхности (цилиндр, плоскость и т. д.), ее положение (наружная или внутренняя), состояние (точность и качество) и возможности технологического оборудования.

Если требуемая точность и шероховатость поверхности в пределах одного этапа могут достигаться разными методами обработки, напри-

мер тонким точением или однократным шлифованием, то необходимо выбрать один из них в соответствии с конкретными условиями.

Таблица 1.3

Планы обработки поверхностей детали

№ пов.	I этап		II этап		III этап		IV этап	
	Квали- тет 14–12	$\geq Ra\ 12,5$	Квали- тет 11–10	$\geq Ra\ 6,3$	Квали- тет 9–8	$\geq Ra\ 3,2$	Квали- тет 7–6	$\geq Ra\ 1,6$
1	Фрезеровать предварительно		Фрезеровать окончательно		—		—	
2	Фрезеровать однократно		—		—		—	
3	Сверлить Нарезать резьбу		—		—		—	
4	Зенкеровать предварительно		Зенкеровать окончательно		Развернуть предварительно		Развернуть окончательно	
6	Сверлить Нарезать резьбу		—		—		—	
7	Фрезеровать предварительно		Фрезеровать окончательно		—		—	
10	Сверлить		—		—		—	
11	Фрезеровать однократно		—		—		—	
12	Сверлить Нарезать резьбу		—		—		—	
13	Расточить предварительно		Расточить окончательно		Развернуть предварительно		Развернуть окончательно	
14	Расточить предварительно		Расточить окончательно		Развернуть предварительно		Развернуть окончательно	
16	Сверлить Нарезать резьбу		—		—		—	
17	Фрезеровать однократно		—		—		—	
18	Сверлить		Зенкеровать		Развернуть		—	
19	Сверлить		—		—		—	
22	Сверлить		Зенкеровать		Развернуть		—	

7. Формирование операций и операционных эскизов

На основании данных табл. 1.3 определяются технологические операции с последующим синтезом схем базирования на каждой из операций и выбором металлообрабатывающих станков [15].

Необходимо стремиться в одну технологическую операцию включать переходы обработки всех видов поверхностей, которые могут быть выполнены на данном станке на всех этапах обработки. Далее в этом же контексте желательно решить задачу выбора технологических установочных баз. Под этими базами подразумеваются поверхности детали, которые контактируют с установочными элементами приспособления и определяют ориентацию заготовки в системе координат станка. Поскольку обработка ведется на предварительно настроенном станке, то от установочных баз производится и настройка режущего инструмента на выдерживаемый согласно операционному эскизу размер.

В рассматриваемом случае сформирован технологический процесс из четырех операций (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Маршрутное описание технологического процесса

№ операции	Операция	Номера обрабатываемых поверхностей
005	Вертикально-фрезерная	1, 2
010	Радиально-сверлильная	3, 10, 18, 19, 22
015	Вертикально-расточная	6, 7, 13, 14
020	Горизонтально-расточная	4, 11, 12, 16, 17

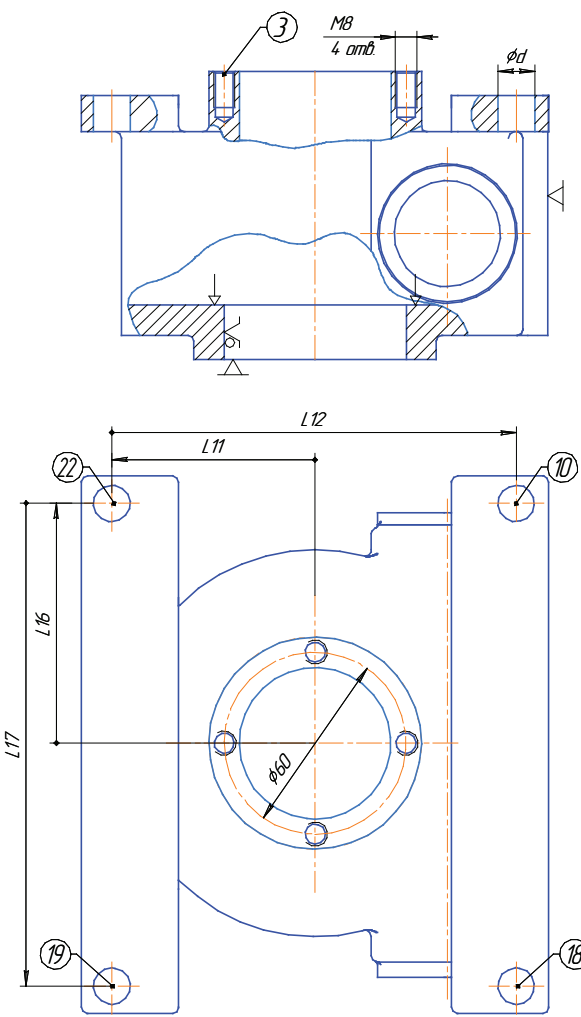
На следующем шаге необходимо оформить эскизы планов обработки по каждой операции с буквенным обозначением размеров, указанием схем базирования и обозначением обрабатываемых поверхностей, а также распределить этапы обработки между операциями и установками. Данная последовательность действий оформляется в виде табл. 1.5.

Таблица 1.5

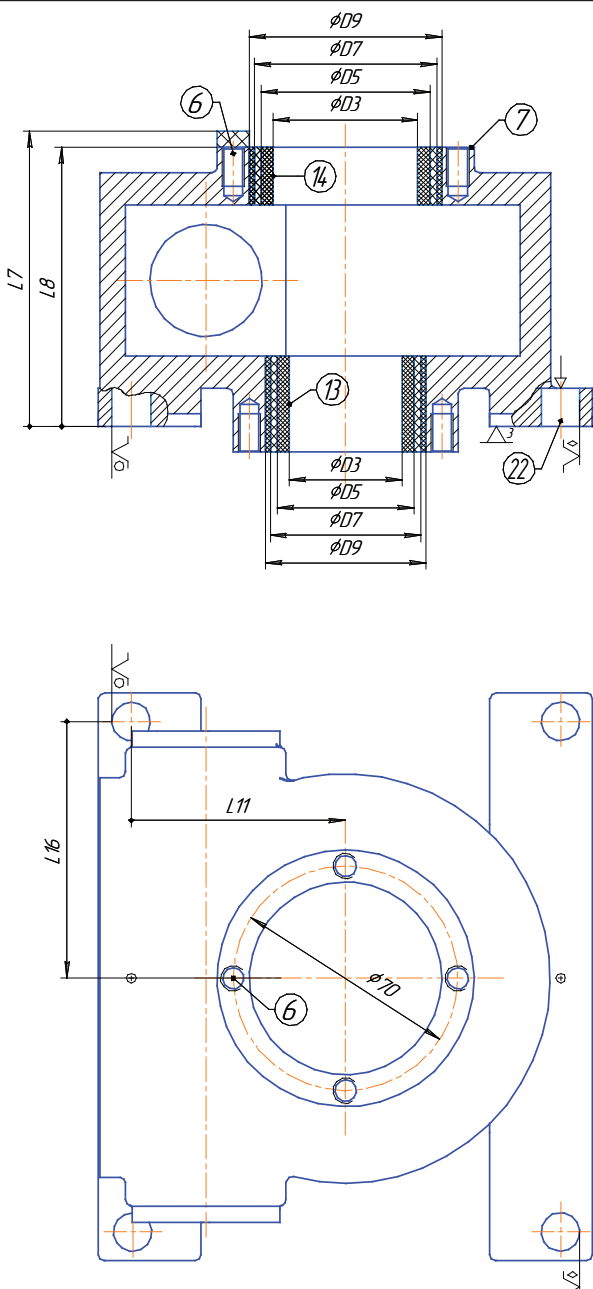
Иллюстрация технологического процесса обработки корпуса редуктора

Номер поверхности	Эскиз	Наименование переходов
1	2	3
Операция 005 — вертикально-фрезерная		
1		1. Установить и закрепить заготовку ПР: специальное
2		2. Фрезеровать пов. 1 предварительно
		3. Фрезеровать пов. 2 и 2* однократно
		4. Фрезеровать пов. 1 окончательно

Продолжение табл. 1.5

1	2	3
Операция 010 — радиально-сверлильная		
3		1. Установить и закрепить заготовку ПР: специальное
10		2. Сверлить отв. 10 и 19 и отв. 22 и 18
18		3. Зенкеровать отв. 18 и 22 последо- вательно
19		4. Развернуть отв. 18 и 22 последо- вательно
22		5. Сверлить и снять фаску в 4 отв. 3 по- следовательно
		6. Нарезать резьбу в 4 отв. 3 последова- тельно

Продолжение табл. 1.5

1	2	3
Операция 015 — вертикально-расточная		
6		1. Установить и закрепить заготовку ПР: специальное
7		2. Фрезеровать пов. 7 предварительно
13		3. Фрезеровать пов. 7 окончательно
14		4. Расточить отв. 14 предварительно
		5. Расточить отв. 13 предварительно
		6. Расточить отв. 13 окончательно
		7. Расточить отв. 14 окончательно
		8. Развернуть отв. 13 и отв. 14 предварительно
		9. Развернуть отв. 13 и отв. 14 окончательно
		10. Сверлить и снять фаску в 4 отв. 7 последовательно
		11. Нарезать резьбу в 4 отв. 7

Окончание табл. 1.5

1	2	3
Операция 020 — горизонтально-расточная		
4 11 17		<p>1. Установить и закрепить заготовку ПР: специальное</p> <p>2. Фрезеровать пов. 17 однократно</p> <p>3. Повернуть заготовку на 180°</p> <p>4. Фрезеровать пов. 11 однократно</p> <p>5. Зенкеровать отв. 4 предварительно</p> <p>6. Зенкеровать отв. 4 окончательно и снять фаску</p> <p>7. Развернуть отв. 4 предварительно</p> <p>8. Развернуть отв. 4 окончательно</p> <p>9. Повернуть заготовку на 180°</p> <p>10. Повторить переходы 5—8 для отв. 4*</p> <p>11. Сверлить и снять фаску в 4 отв. 12</p> <p>12. Нарезать резьбу в 4 отв. 12</p> <p>13. Сверлить и снять фаску в 4 отв. 16</p> <p>14. Нарезать резьбу в 4 отв. 16</p>

8.

Обоснование выбора оборудования

Выбор станков производится после того, как каждая операция предварительно разработана, с учетом следующих факторов:

- 1) выбранный станок должен обеспечить выполнение технологических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали. Это необходимые точность размеров, чистота поверхностей отклонения формы и расположение поверхностей;

- 2) рабочая зона станка должна соответствовать габаритным размерам обрабатываемой детали;

- 3) производительность станка должна соответствовать заданной программе выпуска деталей;

- 4) мощность, жесткость и кинематические возможности станка должны позволять вести обработку на оптимальных режимах резания с наименьшими затратами времени и себестоимости.

Используя эти рекомендации, необходимо последовательно обосновать для каждой операции выбор станка, описать схему обработки и привести краткую техническую характеристику [12].

Очевидно, что выбор оборудования зависит также от потребного количества станков исходя из необходимой производительности технологического процесса и мощности процесса резания. Поэтому на данном этапе осуществляется первоначальный выбор, который в дальнейшем может быть уточнен при получении новых данных в процессе проектирования. Например, после расчета режимов резания может оказаться, что станок имеет довольно большой запас по мощности, и потребуются его заменить более подходящим по этому параметру.

Операция 005 — вертикально-фрезерная

На данных операциях используется вертикально-фрезерный станок модели 6P13. Краткая техническая характеристика представлена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Краткая техническая характеристика станка 6Р13

Параметры	Единица измерения	Значение
Размеры рабочей поверхности стола	мм	400×1600
Наибольшее перемещение стола: — продольное — поперечное — вертикальное	мм	100 320 410
Наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до стола	мм	30–450
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины	мм	420
Наибольшее осевое перемещение шпинделя	мм	80
Мощность привода главного движения	кВт	10
Частота вращения главного привода	об/мин	1460
Мощность привода подач	кВт	3
Частота вращения приводов подач	об/мин	1450
Пределы подач: — продольной — поперечной — вертикальной	мм/мин	25–1250 25–1250 8,3–416,6
Наибольшая масса обрабатываемой детали	кг	300
Габариты станка	мм	2560×2260×2120
Масса станка	т	4,2

Вертикально-фрезерный станок предназначен для фрезерования, сверления и растачивания деталей любой формы из стали, чугуна, цветных металлов, их сплавов и других материалов торцевыми, концевыми, цилиндрическими, радиусными и другими фрезами.

Мощность приводов и высокая жесткость станков позволяют применять фрезы, изготовленные из быстрорежущей стали, а также инструмент, оснащенный пластинками из твердых и сверхтвердых синтетических материалов. Мощный привод главного движения и тщательно подобранные передаточные отношения обеспечивают оптимальные режимы обработки при различных условиях резания и полное использование возможностей режущего инструмента.

Операция 010 — радиально-сверлильная

На рассматриваемых операциях используется радиально-сверлильный станок 2М55. Краткая техническая характеристика представлена в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Техническая характеристика модели 2М55

Параметры	Единица измерения	Значение
Наибольший диаметр сверления в стали	мм	50
Наибольший диаметр сверления в чугуне	мм	63
Вылет шпинделя	мм	450–1500
Расстояние от нижнего торца шпинделя до плиты	мм	470–1500
Наибольшее вертикальное перемещение рукава по колонне	мм	680
Наибольшее осевое перемещение шпинделя	мм	350
Количество скоростей вращения шпинделя	—	19
Пределы частоты вращения шпинделя	об/мин	30–1700
Мощность	кВт	4,5
Габариты	мм	2625×968×3265
Масса	кг	4100

Станок радиально-сверлильный 2М55 предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, растачивания отверстий, нарезания резьбы метчиками, подрезки торцов резцом.

Станок имеет двухколонную компоновку станочной части, что позволяет создать жесткую конструкцию узла, не допускающую смещение оси шпинделя при зажиме колонны. Специальный зажим колонны центрального типа создает тормозной момент, гарантирующий высокопроизводительное сверление.

Для поворота колонны требуется незначительное усилие на самом малом радиусе сверления, что также обеспечивает высокую производительность работы.

Станок имеет механизм автоматического выключения при достижении заданной глубины сверления. Уравновешивание шпинделя обеспечивается специальным противовесом, допускающим удобную регулировку с рабочего места в случае изменения массы инструмента.

Широкий диапазон чисел оборотов и подач шпинделя обеспечивает высокопроизводительную работу при любых сочетаниях обрабатываемых материалов, инструмента, размера и т. д.

Станок имеет механизм автоматического выключения при достижении заданной глубины сверления. Уравновешивание шпинделя обеспечивается специальным противовесом, допускающим удобную регулировку с рабочего места в случае изменения массы инструмента.

Операция 015 — вертикально-расточная

На рассматриваемой операции используется вертикальный отделочно-расточный станок модели 2Е78П. Краткая техническая характеристика представлена в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Техническая характеристика модели 2Е78П

Параметры	Единица измерения	Значение
Размеры рабочей поверхности стола	мм	1000×500
Наибольшее перемещение стола: — продольное — поперечное — вертикальное	мм	800 200 500
Пределы частоты вращения основного шпинделя	мин	26–1200
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	мм	25
Пределы подач шпиндельной бабки	мм/мин	0,025–0,2
Мощность электродвигателей	кВт	3,7
Диаметр растачиваемого отверстия	—	28–200
Габариты	мм	1750×1560×2125
Масса	кг	2680

Станок 2Е78П снабжен комплектом шпинделей, которые устанавливаются на шпиндельную бабку в зависимости от диаметра растачиваемого отверстия.

Универсальным шпинделем на станке 2Е78П кроме расточки можно производить сверление, зенкерование, развертывание и тонкое фрезерование.

Станок 2Е78П может быть оборудован устройством для отсчета координат.

Операция 020 — горизонтально-расточная

На данной операции используется горизонтально-расточный станок модели 2Л614. Краткая техническая характеристика представлена в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Техническая характеристика модели 2Л614

Параметры	Единица измерения	Значение
Размеры рабочей поверхности стола	мм	1000×800
Наибольший диаметр расточки	мм	350
Пределы частоты вращения шпинделя	об/мин	20–1600
Максимальная масса изделия	кг	1000
Мощность	кВт	4,5
Габариты	мм	4300×2735×2450
Масса	кг	7200

Универсальные горизонтально-расточные станки 2Л614 служат для обработки корпусных деталей с точными отверстиями и точными расстояниями. Наибольшая масса обрабатываемой детали 1000 кг. Станок 2Л614 имеет радиальный суппорт на встроенной планшайбе и нормальный выдвижной расточный шпиндель. Этот станок отличается большой универсальностью и предназначен преимущественно для работ, требующих применения радиального суппорта при обтачивании торцевых поверхностей и консольном растачивании отверстий больших диаметров, а также для работы выдвижным шпинделем.

9.

Обоснование выбора схем базирования

Выбор баз является важным вопросом при разработке технологического процесса, так как правильным выбором баз обеспечивается точность обработки.

На первых операциях базирование осуществляется по необработанным (черным) поверхностям, которые называются черновыми база-

ми. Поверхности, обработанные на этих операциях, используются затем как чистовые базы.

Поверхности для базирования необходимо выбирать так, чтобы соблюдались принципы совмещения, постоянства и последовательности перемены баз.

Первый принцип заключается в совмещении при механической обработке технологической и измерительной баз, что позволяет исключить погрешность базирования. Суть второго принципа состоит в использовании одних и тех же баз на всех или большинстве операций технологического процесса, что повышает точность относительного расположения обработанных поверхностей. Максимальная точность обеспечивается при обработке заготовок за один установ. Третий принцип следует использовать тогда, когда при механической обработке необходимо многократно менять положение заготовки с установкой на разные базы. В этом случае необходимо обрабатывать поверхности в порядке повышения точности их размеров.

Операция 005 — вертикально-фрезерная

На рассматриваемой операции требуется фрезеровать поверхность 1 и 2 (рис. 1.3).

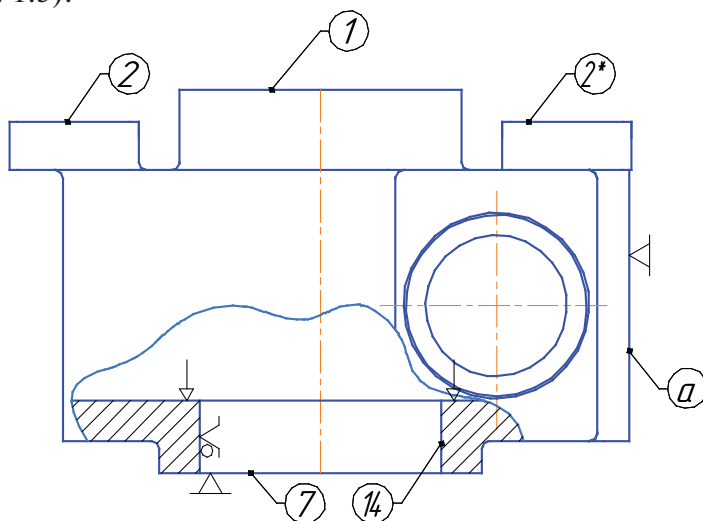


Рис. 1.3. Схема базирования заготовки на операции 005

Для базирования заготовки выбираем еще не обработанные поверхности 7 и 14 и необрабатываемую поверхность a .

В качестве установочной базы, в соответствии с размерами и положением относительно обрабатываемых поверхностей, выбрана поверхность 7, она лишает заготовку трех степеней свободы (одного перемещения в вертикальной плоскости и двух поворотов).

Цилиндрическая поверхность 14 служит двойной опорной базой, она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух осей).

Черновая поверхность — a , принятая в качестве опорной базы, лишает заготовку одной степени свободы (перемещения вдоль одной оси).

Эта схема установки обеспечивает полное ориентирование заготовки в системе координат станка, т. е. заготовка лишается шести степеней свободы (три перемещения и три поворота относительно координатных осей). Данное ориентирование обеспечивает точность всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Операция 010 — радиально-сверлильная

На данной операции обрабатываются отверстия 3, 10, 18, 19, 22 (рис. 1.4).

Схема базирования принимается такая же, как на операции 005.

Заготовка лишена всех шести степеней свободы, обеспечивается ее полное ориентирование в системе координат станка.

Операция 015 — вертикально-расточная

На рассматриваемой операции требуется обработать торец 7 и обработать отверстия 6, 13 и 14 (рис. 1.5)

Для базирования заготовки выбираем предварительно обработанные чистовые базы: поверхности 2, 18 и 22.

В качестве установочной базы выбрана уже обработанная поверхность 2, она лишает заготовку трех степеней свободы (одного перемещения в вертикальной плоскости и двух поворотов).

Поверхность 22 принята в качестве опорной базы (в нее устанавливается срезанный палец), она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

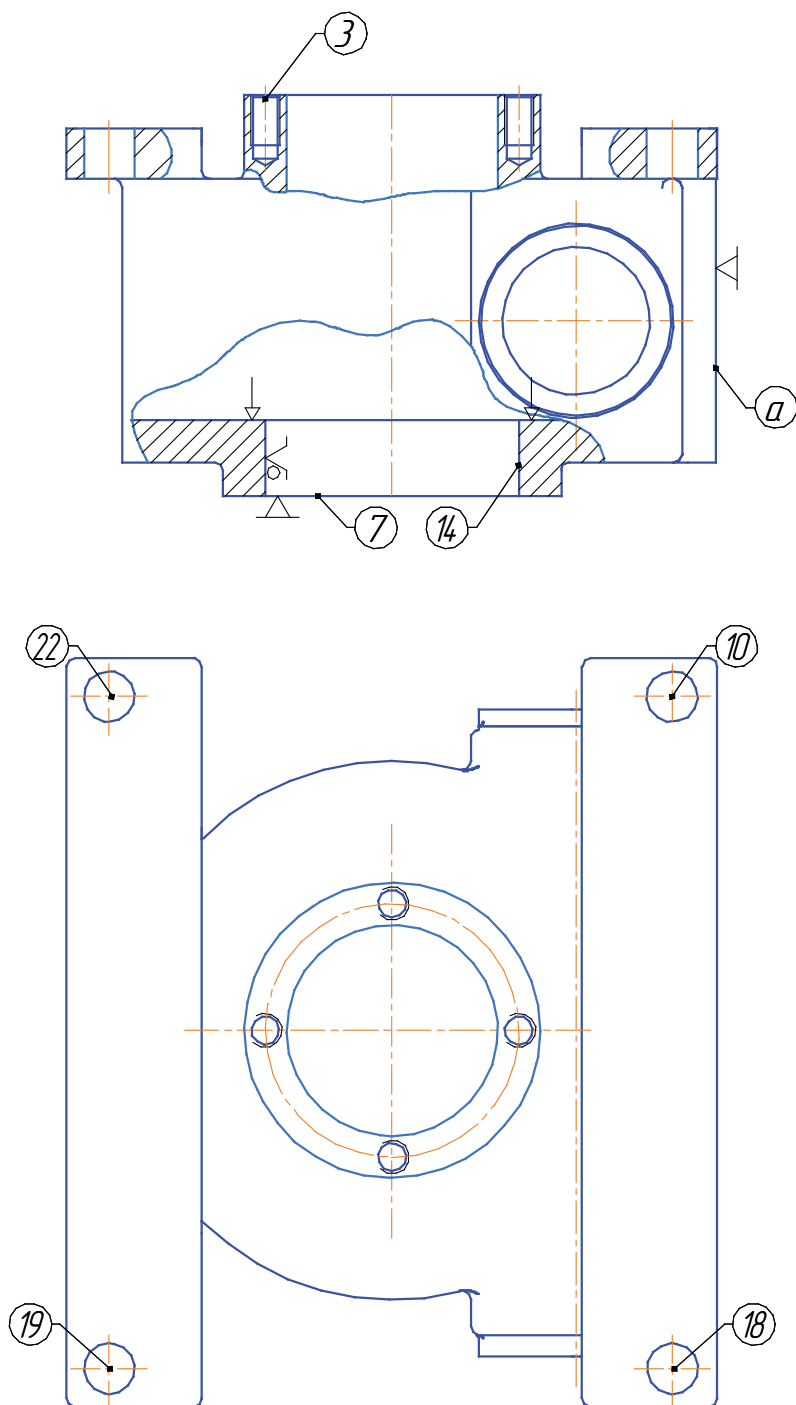


Рис. 1.4. Схема базирования заготовки на операции 010

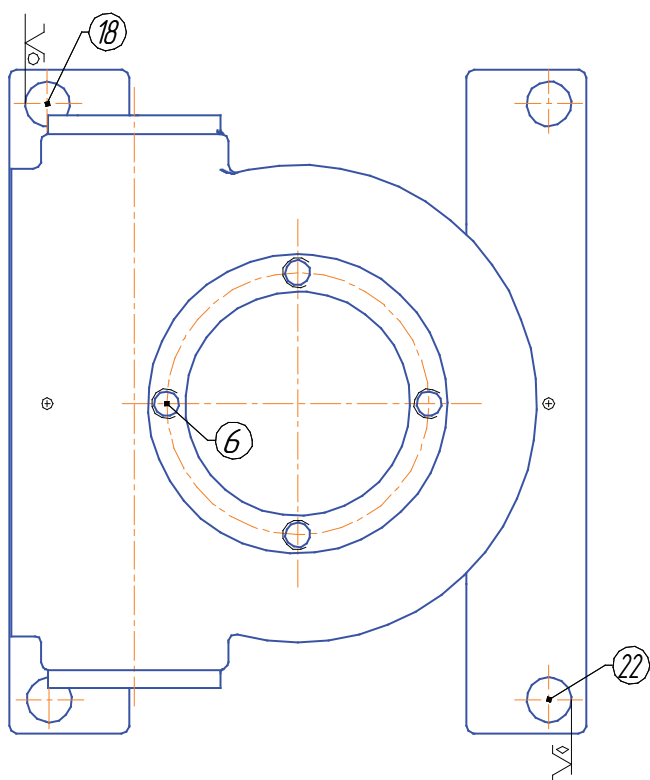
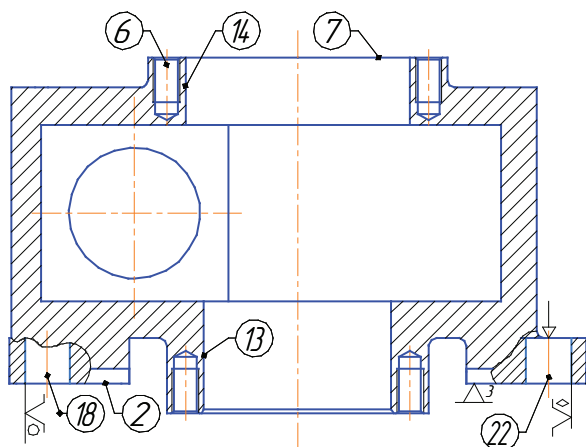


Рис. 1.5. Схема базирования заготовки на операции 015

Поверхность 18 принята в качестве двойной опорной базы (в нее устанавливается цилиндрический палец), она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

Заготовка лишена всех шести степеней свободы, обеспечивается ее полное ориентирование в системе координат станка.

Операция 020 — горизонтально-расточная

На данной операции фрезеруются поверхности 11 и 17, обрабатываются отверстия 4, 12 и 16 (рис. 1.6).

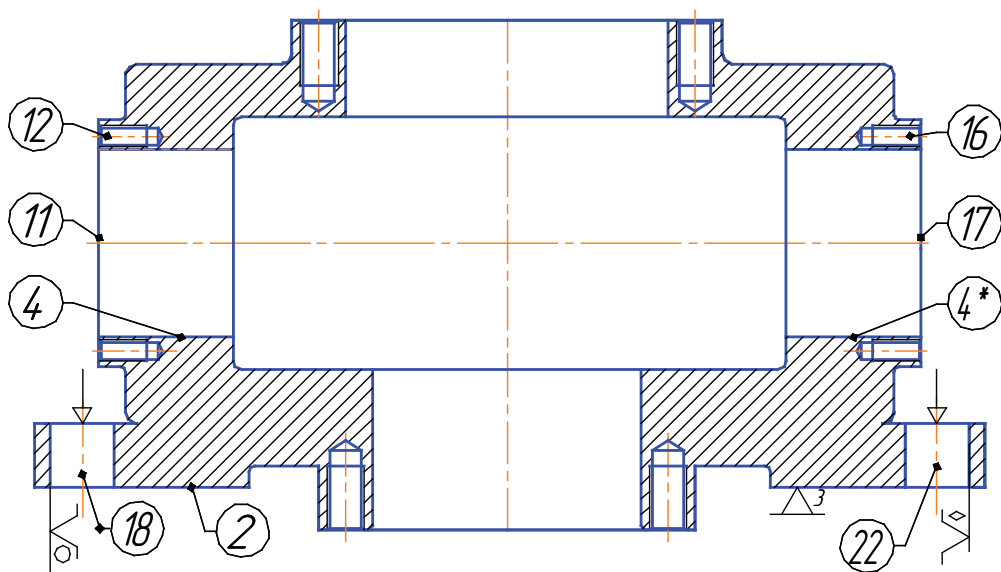


Рис. 1.6. Схема базирования заготовки на операции 020

Схема базирования принимается такая же, как на операции 015.

Заготовка лишена всех шести степеней свободы, обеспечивается ее полное ориентирование в системе координат станка.

10.

Расчет припусков аналитическим методом

Расчет припусков аналитическим методом производится для поверхностей, представленных на исходной заготовке (рис. 1.2). В отверстиях, полученных сверлением, припуски рассчитываются лишь при условии дальнейшей их многопереходной обработки.

Аналитический расчет припусков выполняется по следующему алгоритму: для каждой обрабатываемой поверхности устанавливается необходимое число переходов и последовательность их выполнения. Далее для каждого перехода, начиная с последнего, определяется минимальное значение припуска на сторону расчетно-аналитическим методом по следующим формулам:

а) для цилиндрических поверхностей

$$Z_i^{\min} = R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (1.8)$$

б) для плоских поверхностей

$$Z_i^{\min} = R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.9)$$

где $R_{z(i-1)}$ и h_{i-1} — высота микронеровностей поверхности и глубина поверхностного дефектного слоя, полученные на предшествующем переходе (выполненном ранее). В зависимости от вида и размеров заготовки, метода обработки и типа поверхности они берутся по табл. П. 2.2, П. 2.3, П. 2.6 и П. 2.7; ε_i — погрешность установки детали на выполняемом переходе. Этот параметр складывается из погрешности базирования ε_{6i} и погрешности закрепления ε_{3i} . Погрешность базирования определяется расчетным путем в зависимости от схемы базирования. Погрешность закрепления берется по табличным данным из [19]. Погрешность установки детали в приспособлении на выполняемой операции определяется путем суммирования ε_{6i} и ε_{3i} . Отсюда при обработке плоских поверхностей $\varepsilon_i = \varepsilon_{6i} + \varepsilon_{3i}$, а при обработке поверхностей вращения $\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{6i}^2 + \varepsilon_{3i}^2}$; ρ_{i-1} — пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности заготовки относительно ее базовой поверхности. В зависимости от размеров,

материала обрабатываемой детали и вида технологического перехода оно вычисляется по формулам и табл. П. 2.4:

$$\rho_{\text{отв}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1.10)$$

где $\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L$ — коробление для плоской поверхности и $\rho_{\text{см}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot D_{\text{отв}})^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot L_{\text{отв}})^2}$ — для цилиндрической поверхности; $\rho_{\text{см}}$ — смещение стержня, формирующего отверстие в отливке.

В зависимостях $\Delta_{\text{к}}$ — удельное коробление на единице длины участка, которое принимаем по табл. П. 2.4, а L и D — длина и диаметр обрабатываемой поверхности.

По минимальному значению припуска определяется его номинальное (расчетное) значение на сторону для всех переходов, кроме первого, по формуле

$$Z_i = Z_i^{\text{мин}} + Td_{i-1}, \quad (1.11)$$

где Td_{i-1} — допуск на размер предшествующего перехода.

Для первого перехода номинальное значение припуска на сторону определяется по формулам:

а) для наружных поверхностей

$$Z_1 = Z_1^{\text{мин}} + EI_0, \quad (1.12)$$

б) для внутренних поверхностей

$$Z_1 = Z_1^{\text{мин}} + ES_0, \quad (1.13)$$

где EI_0 и ES_0 — нижнее и верхнее предельные отклонения размера заготовки.

Для второго перехода номинальное значение припуска на сторону при обработке наружных поверхностей будет

$$Z_2 = Z_2^{\text{мин}} + Td_1 \text{ и т. д.}$$

Для диаметральных размеров припуски, полученные по формулам, необходимо удваивать.

Если необходимо определить максимальный припуск, то величина его на сторону определяется по формуле

$$Z_i^{\text{макс}} = Z_i^{\text{мин}} + Td_{i-1} + Td_i. \quad (1.14)$$

Например, для второго перехода зависимость будет иметь вид

$$Z_2^{\text{макс}} = Z_2^{\text{мин}} + Td_1 + Td_2.$$

Определение номинальных размеров заготовки, получаемых после выполнения каждого i -го перехода, следует производить, начиная с размера готовой детали по следующим формулам:

а) для наружных поверхностей при одностороннем припуске

$$L_i = L_{i+1} + Z_{i+1}, \quad (1.15)$$

то же для валов:

$$D_i = D_{i+1} + 2Z_{i+1}; \quad (1.16)$$

б) для внутренних поверхностей при одностороннем припуске

$$L_i = L_{i+1} - Z_{i+1}, \quad (1.17)$$

то же для отверстий:

$$D_i = D_{i+1} - 2Z_{i+1}. \quad (1.18)$$

Допуски и предельные отклонения на размеры заготовок назначаются по соответствующим таблицам ГОСТов, выдержки из которых приведены в табл. П. 2.1.

Допуски на операционные размеры приведены в ЕСДП и табл. П. 2.1.

Расчет припусков и операционных размеров аналитическим методом рекомендуется сводить в таблицу.

В качестве примера расчета припусков и операционных размеров рассматривается обработка отверстия 13 Ø50 Н7 за четыре перехода. Пример представлен в виде табл. 1.10.

Значения припусков и операционных размеров остальных поверхностей приведены в табл. 4.11–4.12.

Параметры в столбцах 3 и 4 взяты из табл. П. 2.2, П. 2.3, П. 2.6, П. 2.7. Значение пространственного отклонения отверстия в отливке в столбце 5 рассчитывается по формуле (1.10), учитывая коробление отверстия в диаметральной и линейном направлениях:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,9 \cdot 50)^2 + (0,9 \cdot 30)^2} = 52,48 \text{ мкм.}$$

Таблица 1.10

Значения припусков и операционных размеров

№ п/п	Переходы	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε , мкм	$Z^{\text{мин}}$, мкм	Td , мм	Z , мм	$L_i (D_i)$, мм	ES , мм	EI , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Поверхность № 13											
0	Заготовка	500		1101	—	—	1,6	—	44,5	+0,7	—0,9
1	Расточить предварительного	40	50	66	—	$\frac{1601}{3202}$	0,62	$\frac{2,101}{4,202}$	48,6	+0,62	0
2	Расточить окончательного	20	20	44	—	$\frac{156}{312}$	0,16	$\frac{0,466}{0,932}$	49,57	+0,16	0
3	Развернуть предварительного	5	10	6	—	$\frac{84}{168}$	0,062	$\frac{0,164}{0,328}$	49,90	+0,062	0
4	Развернуть окончательного	3,2	5	2	—	$\frac{21}{42}$	0,025	$\frac{0,052}{0,104}$	50	+0,025	0

Примечание. В числителе указан припуск на сторону, а в знаменателе — на диаметр.

Необходимо учесть смещение стержня $\rho_{\text{см}}$, формирующего отверстие, относительно наружной поверхности, принимаем $\rho_{\text{см}} = T_b$, где T_b — допуск на толщину стенки в отливке [1, 19]. Для ее номинального размера 10 мм по 16-му качеству он равен 1,1 мм.

Следовательно, $\rho_{\text{отв}} = \sqrt{52,48^2 + 1100^2} = 1101$ мкм.

После каждого перехода это значение будет уменьшаться на величину согласно [1], мкм:

- а) после предварительного растачивания $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{\text{отв}} = 66$;
- б) после окончательного растачивания $\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_{\text{отв}} = 44$;
- в) после предварительного развертывания $\rho_3 = 0,005 \cdot \rho_{\text{отв}} = 4$;
- г) после окончательного развертывания $\rho_4 = 0,002 \cdot \rho_{\text{отв}} = 2$.

Погрешность установки детали в приспособлении в столбце 6 принимается равной нулю, это вызвано тем, что погрешность базирования отсутствует (вследствие совпадения конструкторской и технологической баз), а погрешность закрепления не учитывается (не влияет на выполняемый размер, так как обработка производится на настроенном станке и обеспечивается постоянная сила зажима).

Расчетные данные в столбце 7 определяются по формуле (1.8) на радиус, мкм:

$$Z_1^{\text{мин}} = 500 + 1101 = 1601;$$

$$Z_2^{\text{мин}} = 40 + 50 + 66 = 156;$$

$$Z_3^{\text{мин}} = 20 + 20 + 44 = 84;$$

$$Z_4^{\text{мин}} = 5 + 10 + 6 = 21.$$

Расчетные данные в столбце 9 определяются по формуле (1.11) на диаметр, мм:

$$2Z_4 = 2Z_4^{\text{мин}} + Td_3 = 0,042 + 0,062 = 0,104;$$

$$2Z_3 = 2Z_3^{\text{мин}} + Td_2 = 0,168 + 0,16 = 0,328;$$

$$2Z_2 = 2Z_2^{\text{мин}} + Td_1 = 0,312 + 0,62 = 0,932.$$

Для первого перехода номинальное значение припуска определяется по формуле (1.8):

$$2Z_1 = 2Z_1^{\text{мин}} + ES_0 = 3,202 + 1,0 = 4,202 \text{ мм.}$$

Расчетные данные в столбце 10 определяются по формуле (1.18), начиная с размера готовой детали, при подстановке припуск берем на диаметр, т. е. удвоенный:

$$D_4 = 50 \text{ мм (размер с чертежа готовой детали), мм:}$$

$$D_3 = D_4 - 2Z_4 = 50 - 0,104 = 49,90;$$

$$D_2 = D_3 - 2Z_3 = 49,90 - 0,328 = 49,57;$$

$$D_1 = D_2 - 2Z_2 = 49,57 - 0,932 = 48,6;$$

$$D_0 = D_1 - 2Z_1 = 48,6 - 4,202 = 44,5.$$

Полученные значения D рекомендуется округлять для переходов, выполняемых по 12...14-му квалитетам точности, до одного знака после запятой, а для переходов, выполняемых по 6...11-му квалитетам точности, до двух знаков после запятой. При этом округления для размеров наружных поверхностей (валов) следует производить в сторону увеличения, а для внутренних поверхностей (отверстий) — в сторону уменьшения.

Размеры исходной заготовки D нужно округлить до 0,5 мм. В связи с этими действиями может возникнуть необходимость в незначительном уточнении на черновых переходах минимальных и номинальных припусков.

Предельные отклонения размеров, указанные в столбцах 11 и 12, определяются в зависимости от значений допусков на определяемые размеры из 8-го столбца и вида поверхности («вал» или «отверстие»). Для поверхностей на литой заготовке предельные отклонения должны образовывать симметричный допуск.

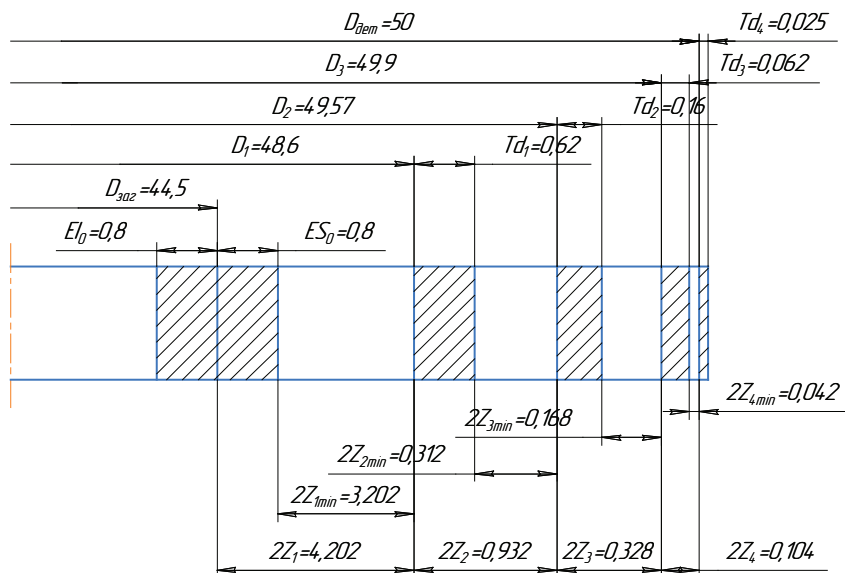


Рис. 1.7. Схема распределения припусков для внутренней 13-й поверхности детали

Таблица 1.11

Значения припусков и операционных диаметральных размеров

№ п/п	Переходы	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε , мкм	$Z_{мин}$, мкм	Td , мм	Z , мм	L_i , мм	ES , мм	EI , мм
Поверхность № 4											
0	Заготовка	500		1101	—	—	1,6	—	29,5	+0,6	-1,0
1	Зенкеровать предвари- тельно	50	50	66	—	$\frac{1601}{3202}$	0,62	$\frac{2,101}{4,202}$	33,7	+0,62	0
2	Зенкеровать окончательно	40	40	44	—	$\frac{166}{332}$	0,16	$\frac{0,476}{0,952}$	34,64	+0,16	0
3	Развернуть предвари- тельно	5	10	6	—	$\frac{124}{248}$	0,062	$\frac{0,132}{0,264}$	34,90	+0,062	0
4	Развернуть окончательно	3,2	5	2	—	$\frac{21}{42}$	0,025	$\frac{0,052}{0,104}$	35,0	+0,025	0

Окончание табл. 1.11

№ п/п	Переходы	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε , мкм	$Z^{\text{мин}}$, мкм	Td , мм	Z , мм	L_i , мм	ES , мм	EI , мм
Поверхность № 13											
0	Заготовка	500		1101	—	—	1,6	—	44,5	+0,7	—0,9
1	Расточить предварительно	40	50	66	—	$\frac{1601}{3202}$	0,62	$\frac{2,101}{4,202}$	48,6	+0,62	0
2	Расточить окончательно	20	20	44	—	$\frac{156}{312}$	0,16	$\frac{0,466}{0,932}$	49,57	+0,16	0
3	Развернуть предварительно	5	10	6	—	$\frac{84}{168}$	0,062	$\frac{0,164}{0,328}$	49,90	+0,062	0
4	Развернуть окончательно	3,2	5	2	—	$\frac{21}{42}$	0,025	$\frac{0,052}{0,104}$	50,0	+0,025	0
Поверхность № 14											
0	Заготовка	500		1101	—	—	1,9	—	54,5	+1,1	—0,8
1	Расточить предварительно	40	50	66	—	$\frac{1601}{3202}$	0,74	$\frac{2,101}{4,202}$	58,5	+0,74	0
2	Расточить окончательно	20	20	44	—	$\frac{156}{312}$	0,19	$\frac{0,526}{1,052}$	59,52	+0,19	0
3	Развернуть предварительно	5	10	6	—	$\frac{84}{168}$	0,074	$\frac{0,179}{0,358}$	59,88	+0,074	0
4	Развернуть окончательно	3,2	5	2	—	$\frac{21}{42}$	0,03	$\frac{0,058}{0,116}$	60,0	+0,03	0

На следующем шаге необходимо определить параметры минимальных припусков для торцовых поверхностей по зависимости (1.9) для последующего расчета линейных технологических размеров в ходе проведения размерного анализа. Данные параметры, принятые из табл. прил. П. 2, представлены в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Значения припусков для линейных размеров, мкм

№ п/п	Переходы	R_z	h	ρ	ε	$Z^{\text{мин}}$
Поверхность № 1						
0	Заготовка	500		63	—	—
1	Подрезать предварительно	100	100	4	—	563
2	Подрезать окончательно	50	50	3	—	204

Окончание табл. 1.12

№ п/п	Переходы	R_z	h	ρ	ε	$Z^{\text{мин}}$
Поверхность № 2						
0	Заготовка	500		159	—	—
1	Фрезеровать однократно	100	100	10	—	659
Поверхность № 7						
0	Заготовка	500		72	—	—
1	Подрезать предварительно	100	100	4	—	572
2	Подрезать окончательно	50	50	3	—	204
Поверхность № 11						
0	Заготовка	500		41	—	—
1	Фрезеровать однократно	100	100	3	—	541
Поверхность № 17						
0	Заготовка	500		41	—	—
1	Фрезеровать однократно	100	100	3	—	541

Для отверстий 18 и 22, полученных сверлением, необходимо назначить припуски, так как обработка производится за несколько переходов.

Таблица 1.13

Значения припусков для 18-го и 22-го отверстий

№ п/п	Переходы	$Z^{\text{мин}}$, мкм	D_i , мм
1	2	3	4
Поверхности № 18, 22			
1	Сверлить	—	Ø11,5
2	Зенкеровать	$\frac{150}{300}$	Ø11,8
3	Развернуть	$\frac{100}{200}$	Ø12

11.

Размерный анализ технологического процесса

При разработке технологического процесса механообработки необходимо установить, можно ли конструкторские базы, т. е. поверхности, от которых заданы размеры на детали, использовать в качестве технологических баз, относительно которых можно настраивать режущий инструмент или упоры станка. Если конструкторские базы не могут быть выбраны в качестве технологических (настроечных), то необходимо выбрать для этой цели другие поверхности и установить для них размерные связи с обрабатываемой поверхностью. Для этой цели определяются необходимые технологические размеры и допуски для них. При этом точность конструкторских размеров должна быть выдержана в ходе обработки.

При обработке отдельных поверхностей за несколько технологических переходов на предварительно настроенном станке возникает необходимость определения промежуточных технологических размеров, которые называются операционными.

Эти задачи могут быть решены в ходе проведения размерного анализа технологического процесса, в результате которого и определяются технологические размеры на каждом переходе [18].

Далее приводится пример оформления размерного анализа технологического процесса механической обработки корпуса редуктора.

Размерный анализ осуществляют, руководствуясь данными табл. 1.5.

На рис. 1.8...1.10 приведены схемы графического изображения размерного анализа механической обработки корпуса для трех координатных осей, включающие в себя размерную схему, а также исходный, производный и смешанный графы. Размерные схемы включают торцовые поверхности и оси отверстий, полученные сверлением. На схеме конструкторские размеры обозначены прописными буквами K_i , технологические — буквами L_i , припуски — Z_i

На основе исходного и производного графов составляются канонические уравнения, а далее они преобразуются в уравнения замыкающего звена.

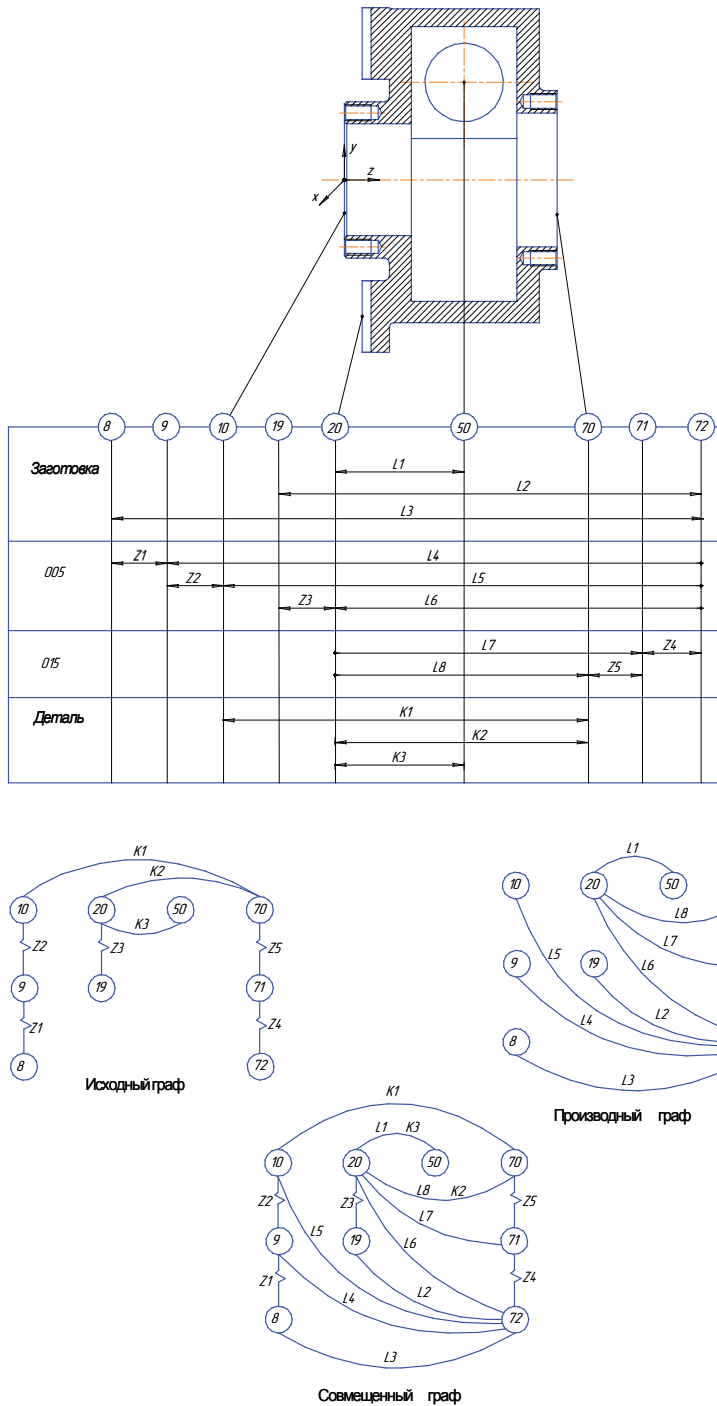


Рис. 1.8. Размерная схема технологического процесса в направлении оси Z



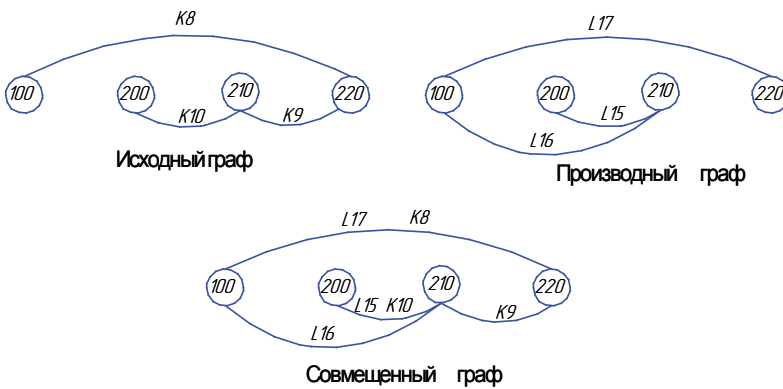
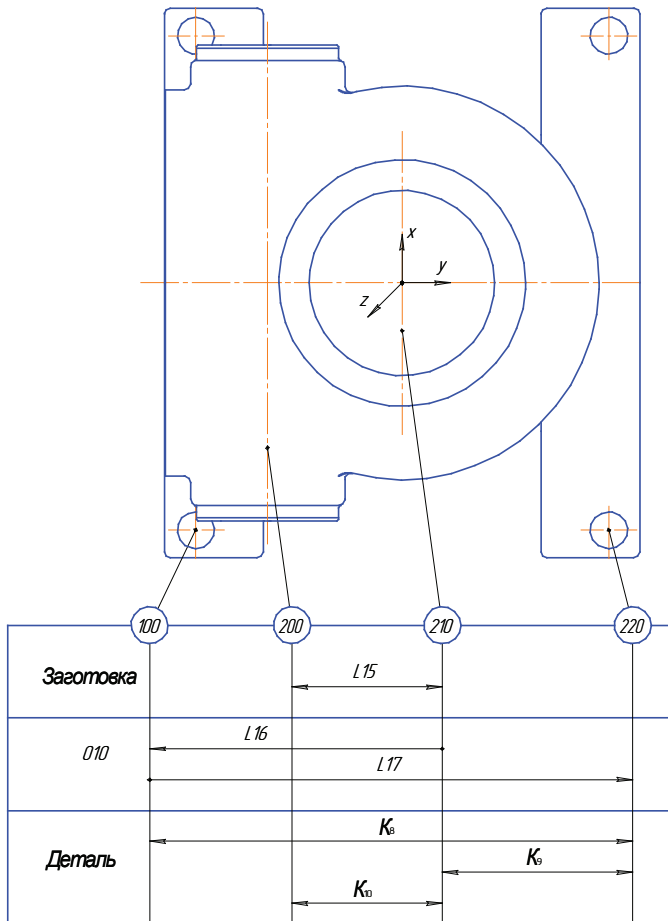


Рис. 1.10. Размерная схема технологического процесса в направлении оси Y

В табл. 1.14, табл. 1.15, табл. 1.17 представлены уравнения, описывающие составленные размерные схемы. В данных уравнениях в качестве замыкающих звеньев рассматриваются конструкторские размеры K_i и минимальные припуски $Z_i^{\text{мин}}$. Для записи канонического уравнения необходимо на исходном графе определить, какие вершины связывает замыкающее звено; далее на производном графе нужно осуществить перемещение из вершины с меньшим номером к вершине с большим номером. Если вершины возрастают в направлении обхода, то звено записывается в уравнении со знаком плюс и считается увеличивающим, а если наоборот, то запись звена в уравнении осуществляется со знаком минус и звено считается уменьшающим.

Таблица 1.14

Канонические уравнения размерных цепей (ось Z)

Замы- каю- щее звено	Верши- ны ис- ходного графа	Последова- тельность вер- шин произво- дного графа	Уравнение раз- мерной цепи	Уравнение замыкающе- го звена	Опре- деля- емое звено	Поря- док рас- чета
$K1$	10; 70	10; 72; 20; 70	$-K1 + L5 - L6 + L8 = 0$	$K1 = L5 - L6 + L8$	$L5$	5
$K2$	20; 70	20; 70	$-K2 + L8 = 0$	$K2 = L8$	$L8$	1
$K3$	20; 50	20; 50	$-K3 + L1 = 0$	$K3 = L1$	$L1$	2
$Z1$	8; 9	8; 72; 9	$-Z1 + L3 - L4 = 0$	$Z1 = L3 - L4$	$L3$	8
$Z2$	9; 10	9; 72; 10	$-Z2 + L4 - L5 = 0$	$Z2 = L4 - L5$	$L4$	7
$Z3$	19; 20	19; 72; 20	$-Z3 + L2 - L6 = 0$	$Z3 = L2 - L6$	$L2$	6
$Z4$	71; 72	71; 20; 72	$-Z4 + L7 - L6 = 0$	$Z4 = L7 - L6$	$L6$	4
$Z5$	70; 71	70; 20; 71	$-Z5 - L8 + L7 = 0$	$Z5 = L7 - L8$	$L7$	3

Последовательность решения этих уравнений определяется количеством неизвестных технологических размеров в каждой конкретной формуле.

Решая уравнения, определяют технологические номинальные размеры и их предельные отклонения, а также размеры исходной заготовки.

В качестве примера расчета рассмотрен размерный анализ в направлении оси Z .

Допуски на технологические размеры выбираются по ЕСДП (табл. П. 2.1) в соответствии с точностью того или иного этапа обра-

ботки. Допуски на операционные размеры и размеры исходной заготовки назначают, руководствуясь размерной схемой; представлены в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Назначение допусков на технологические размеры

Технологические размеры	Этап обработки	Точность до корректировки		Точность после корректировки	
		Квалитет	Допуск	Квалитет	Допуск
<i>L1</i>	Заготовительный	—	1,6	—	—
<i>L2</i>	Заготовительный	—	2,2	—	—
<i>L3</i>	Заготовительный	—	2,2	—	—
<i>L4</i>	I	14	0,87	12	0,35
<i>L5</i>	II	11	0,22	10	0,087
<i>L6</i>	I	14	0,87	—	—
<i>L7</i>	I	14	0,87	12	0,35
<i>L8</i>	II	11	0,22	10	0,087

Назначенные ранее припуски на обработку сведены в табл. 1.16.

Таблица 1.16

Минимальные припуски на технологические размеры

<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Z4</i>	<i>Z5</i>	<i>Z6</i>	<i>Z7</i>
0,563	0,204	0,659	0,572	0,204	0,541	0,541

Предварительно следует выяснить, обеспечивает ли рассматриваемая размерная цепь точность получения конструкторского размера, который является в ней замыкающим звеном. Данное условие вытекает из правила, что допуск замыкающего звена должен быть больше суммы допусков составляющих звеньев этой цепи либо ей равен:

$$IT(K_i) \geq \sum IT(L_i),$$

например:

$$IT(K2) \geq IT(L8); 0,87 > 0,22.$$

Условие обеспечения точности размера *K2* выполняется.

Условие проверки поля рассеяния припусков формулируется следующим образом: отношение максимального припуска к минимальному на окончательных чистовых переходах не должно быть больше трех:

$$\frac{z_{\text{макс}}}{z_{\text{мин}}} \leq 3.$$

Максимальный припуск определяется следующим образом:

$$z_i^{\text{макс}} = z_i^{\text{мин}} + wz_i,$$

где wz_i — диапазон колебания припуска или допуск припуска, рассчитываемый по формуле $wz_i = \sum IT(L_i)$.

Например:

$$1) wz_1 = IT(L_3) + IT(L_4) = 2,2 + 0,87 = 3,07 \text{ мм},$$

$$\text{тогда } z_1^{\text{макс}} = z_1^{\text{мин}} + wz_1 = 0,563 + 3,07 = 3,633 \text{ мм}.$$

$$\text{На следующем этапе рассчитаем отношение } \frac{z_2^{\text{макс}}}{z_2^{\text{мин}}} = \frac{3,633}{0,563} = 6,45 > 3,$$

но так как данный переход не является чистовым, то отношение, равное шести, допустимо;

$$2) wz_2 = IT(L_4) + IT(L_5) = 0,87 + 0,22 = 1,09 \text{ мм},$$

$$\text{тогда } z_2^{\text{макс}} = z_2^{\text{мин}} + wz_2 = 0,204 + 1,09 = 1,294 \text{ мм}.$$

$$\frac{z_1^{\text{макс}}}{z_1^{\text{мин}}} = \frac{1,294}{0,204} = 6,3 > 3, \text{ условие для чистового перехода не выполняется.}$$

Для его выполнения необходимо ужесточить точность технологического размера L_4 до 12-го качества, а размера L_5 — до 10-го качества.

$$\text{Тогда } wz_2 = IT(L_4) + IT(L_5) = 0,35 + 0,14 = 0,49 \text{ мм},$$

$$z_2^{\text{макс}} = z_2^{\text{мин}} + wz_2 = 0,204 + 0,49 = 0,694 \text{ мм},$$

$$\frac{z_1^{\text{макс}}}{z_1^{\text{мин}}} = \frac{0,694}{0,204} = 3, \text{ условие выполняется.}$$

Расчет начинается для уравнения с замыкающим конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная цепь. Параметры неизвестного технологического размера будут равны аналогичным параметрам конструкторского размера.

$$\text{Например, } K_2 = L_8; L_8 = 87_{-0,087}, K_3 = L_1; L_1 = 44 \pm 0,31.$$

В цепи, где замыкающим звеном является минимальный припуск на обработку, параметры неизвестного технологического размера определяются по методу предельных значений звеньев, образующих цепь:

$$Z^{\text{мин}} = \sum L_{\text{увелич}}^{\text{мин}} - \sum L_{\text{уменьш}}^{\text{макс}}.$$

Например: $Z5 = L7 - L8$, тогда

$$\begin{aligned} z_5^{\min} &= L_7^{\min} - L_8^{\max}, \\ L_7^{\min} &= z_5^{\min} + L_8^{\max}, \\ L_7^{\min} &= 0,204 + 87 = 87,20 \text{ мм.} \end{aligned}$$

В соответствии с допуском размера $L7$ по ЕСДП можно принять $Td(L7) = 0,35$ мм.

Тогда $L_7^{\max} = L_7^{\min} + IT(L7) = 87,20 + 0,35 = 87,55$ мм.

Окончательно записываем $L7 = 87,55_{-0,35}$ мм.

Далее решаем уравнение $Z4 = L7 - L6$, тогда

$$\begin{aligned} z_4^{\min} &= L_7^{\min} - L_6^{\max}, \\ L_6^{\max} &= L_7^{\min} - z_4^{\min}, \\ L_6^{\max} &= 87,20 - 0,572 = 86,63 \text{ мм.} \end{aligned}$$

В соответствии с допуском размера $L6$ по ЕСДП можно принять $Td(L6) = 0,87$ мм.

Тогда $L_6^{\min} = L_6^{\max} - IT(L6) = 86,63 - 0,87 = 85,76$ мм.

Окончательно записываем $L6 = 85,76_{+0,87}$ мм.

В цепи, где замыкающим звеном является конструкторский размер и цепь не является двухзвенной, параметры неизвестного технологического размера находят, используя метод отклонений. В качестве примера рассмотрим уравнение замыкающего звена

$$K1 = L5 - L6 + L8:$$

а) определяется номинальный размер неизвестного технологического размера из уравнения $K_i^{\text{НОМ}} = L_{\text{увелич}}^{\text{НОМ}} - L_{\text{уменьш}}^{\text{НОМ}}$:

$$\begin{aligned} K_1^{\text{НОМ}} &= L_5^{\text{НОМ}} + L_8^{\text{НОМ}} - L_6^{\text{НОМ}}, \\ L_5^{\text{НОМ}} &= K_1^{\text{НОМ}} - L_8^{\text{НОМ}} + L_6^{\text{НОМ}} = 95 - 87 + 85,76 = 93,76 \text{ мм;} \end{aligned}$$

б) определяется нижнее предельное отклонение неизвестного технологического размера из уравнения для верхнего предельного отклонения замыкающего звена:

$$\begin{aligned} ES(K_i) &= \sum ES(L_i^{\text{увелич}}) - \sum EI(L_i^{\text{уменьш}}), \\ ES(K_1) &= ES(L_5) + ES(L_8) - EI(L_6), \\ ES(L_5) &= ES(K_1) - ES(L_8) + EI(L_6) = 0,87 - 0 + 0 = 0,87 \text{ мм;} \end{aligned}$$

в) определяется верхнее предельное отклонение неизвестного технологического размера из уравнения для нижнего предельного отклонения замыкающего звена:

$$EI(K_i) = \sum EI(L_i^{\text{увелич}}) - \sum ES(L_i^{\text{уменьш}}),$$

$$EI(K_1) = EI(L_5) + EI(L_8) - ES(L_6),$$

$$EI(L_5) = EI(K_1) - EI(L_8) + ES(L_6) = 0 - (-0,087) + 0,87 = 0,957 \text{ мм.}$$

Окончательно $L_5 = 93,76^{+0,87}_{-0,957} \text{ мм.}$

Для определения всех линейных технологических размеров необходимо провести подобные расчеты для каждого уравнения цепи.

Результаты расчета технологических размеров в направлении оси Z сведены в табл. 1.17.

Таблица 1.17

Результаты расчетов

Определяемое звено L_i	$L^{\text{макс}}$, мм	$L^{\text{мин}}$, мм	Операционный размер, мм
$L1$	44	43,38	$44 \pm 0,31$
$L2$	89,40	87,20	$89,40 \pm 1,1$
$L3$	97,85	95,65	$97,85 \pm 1,1$
$L4$	95,09	94,74	$95,09_{-0,35}$
$L5$	94,545	92,718	$93,76^{+0,87}_{-0,957}$
$L6$	86,63	85,76	$85,76^{+0,87}$
$L7$	87,55	87,20	$87,55_{-0,35}$
$L8$	87	86,913	$87_{-0,087}$

Таблица 1.18

Канонические уравнения размерных цепей (ось X)

Замыкающее звено	Вершины исходного графа	Последовательность вершин производного графа	Уравнение размерной цепи	Уравнение замыкающего звена	Определяемое звено	Порядок расчета
$K4$	150; 180	150; 180	$-K4 - L11 + L12 = 0$	$K4 = -L11 + L12$	$L11$	3
$K5$	10; 180	10; 180	$-K5 + L12 = 0$	$K5 = L12$	$L12$	1
$K6$	150; 170	150; 170	$-K6 - L11 + L13 = 0$	$K6 = -L11 + L13$	$L13$	4
$K7$	110; 170	110; 170	$-K7 + L14 = 0$	$K7 = L14$	$L14$	2
$Z6$	170; 171	170; 150; 171	$-Z6 - L13 + L11 + L9 = 0$	$Z6 = -L13 + L11 + L9$	$L9$	5

Окончание табл. 1.18

Замыкающее звено	Вершины исходного графа	Последовательность вершин производного графа	Уравнение размерной цепи	Уравнение замыкающего звена	Определяемое звено	Порядок расчета
$Z7$	109; 110	109; 171; 150; 170; 110	$-Z7 + L14 - L13 + L11 + L9 - L10 = 0$	$Z7 = L14 - L13 + L11 + L9 - L10$	$L10$	6

Таблица 1.19

Результаты расчетов

Определяемое звено L_i	L^{\max} , мм	L^{\min} , мм	Операционный размер, мм
$L9$	76,54	74,64	$76,54 \pm 0,8$
$L10$	155,82	153,32	$155,82 \pm 1,25$
$L11$	79	78,26	$79_{-0,74}$
$L12$	158	157,6	$158_{-0,4}$
$L13$	155	154	$155_{-1,0}$
$L14$	152	151,6	$152_{-0,4}$

Таблица 1.20

Канонические уравнения размерных цепей (ось Y)

Замыкающее звено	Вершины исходного графа	Последовательность вершин производного графа	Уравнение размерной цепи	Уравнение замыкающего звена	Определяемое звено	Порядок расчета
$K8$	100; 220	100; 220	$-K8 + L17 = 0$	$K8 = L17$	$L17$	1
$K9$	210; 220	210; 100; 220	$-K9 - L16 + L17 = 0$	$K9 = L17 - L16$	$L16$	2
$K10$	200; 210	200; 210	$-K10 + L15 = 0$	$K10 = L15$	$L15$	3

Таблица 1.21

Результаты расчетов

Определяемое звено L_i	L^{\max} , мм	L^{\min} , мм	Операционный размер, мм
$L15$	45,03	44,97	$45 \pm 0,031$
$L16$	67	66,7	$67_{-0,3}$
$L17$	134,4	134	$134^{+0,4}$

На рис. 1.11 представлена совмещенная размерная схема технологического процесса, на ее основании построены графы (рис. 1.12...1.14).

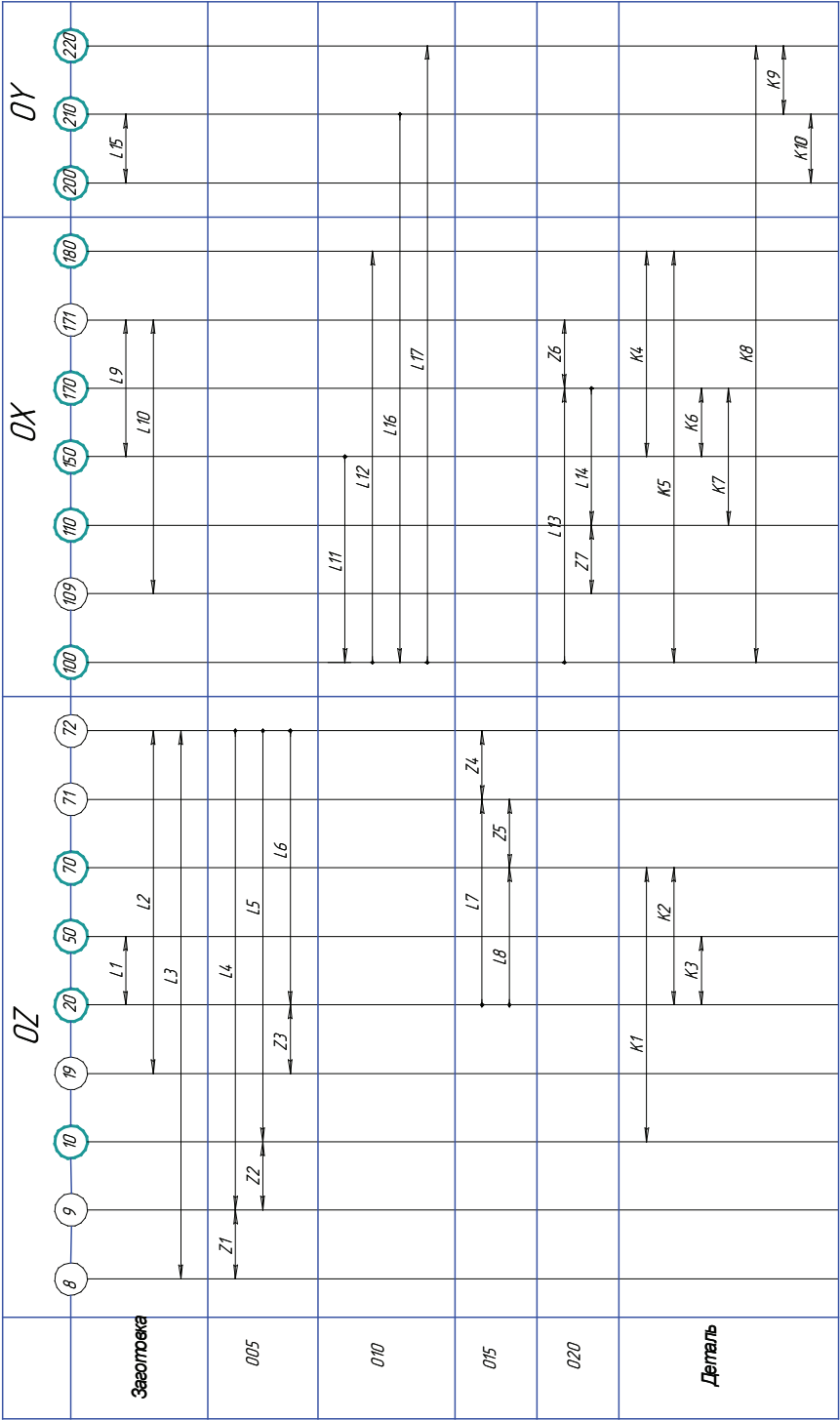


Рис. 1.11. Совмещенная размерная схема технологического процесса

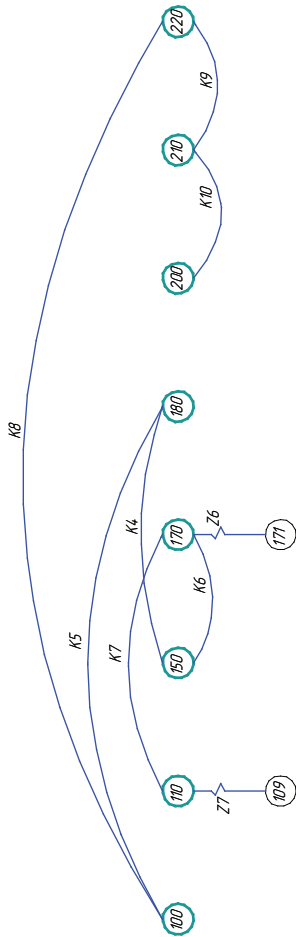


Рис. 1.12. Исходный граф

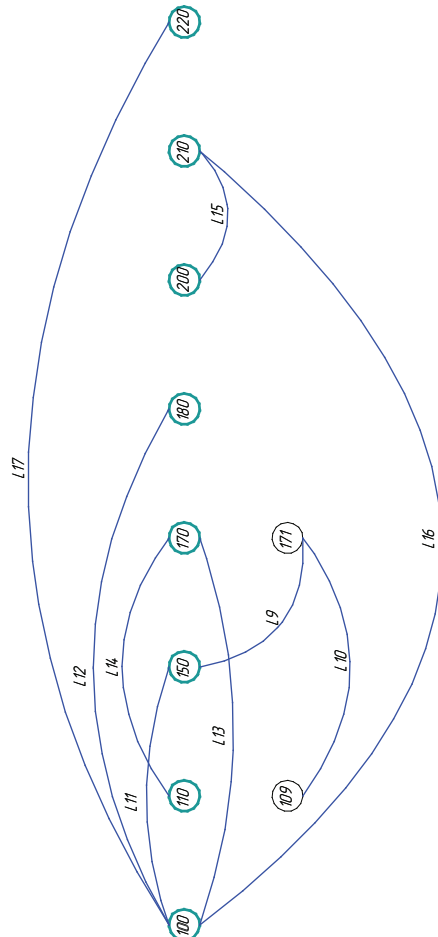
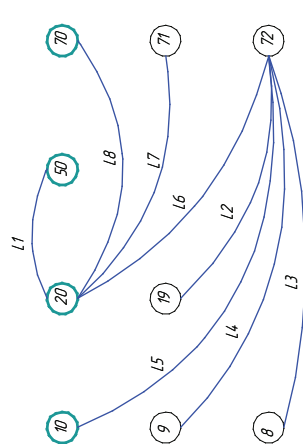
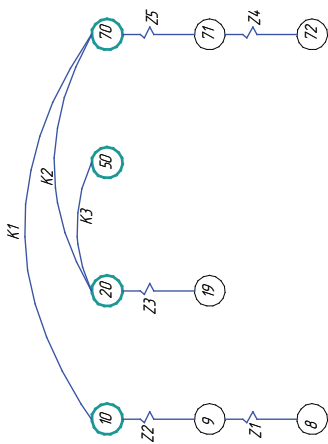


Рис. 1.13. Производный граф



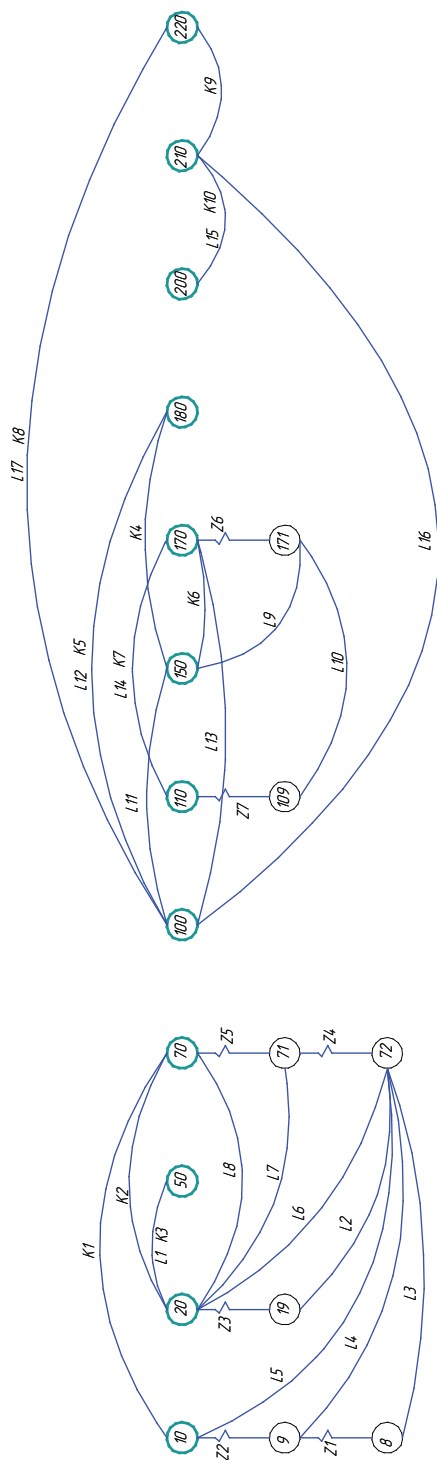


Рис. 1.14. Совмещенный граф

12.

Выбор режимов резания при механической обработке

При выполнении данного раздела необходимо подробно определить режимы для одного характерного перехода для любой поверхности на каждой операции. Режимы резания на остальных переходах, образующих операции, нужно внести в соответствующие таблицы без описания механизма выбора.

Режимы резания характеризуются тремя основными параметрами — это глубина резания, подача и скорость резания. В такой последовательности необходимо производить их выбор [4].

Кроме этого, в данном разделе нужно определить мощность резания для подтверждения корректности выбора станка.

Алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Выбор сплава режущей части инструмента;
2. Выбор типа инструмента (в зависимости от вида обработки);
3. Выбор вспомогательных инструментов для установки режущего инструмента на станок.

Операция 005 — вертикально-фрезерная

Параметры инструментов приведены в табл. 1.22. В этом случае диаметр торцевой фрезы определен из соотношения $D = (1,25 \dots 1,5)B$, где B — это ширина фрезерования в мм.

Глубиной резания t считается максимальный припуск $(Z_{\max})/i$, который можно снять за один проход на данном переходе одним инструментом. В данном случае i — это число проходов. Максимальные припуски были определены в ходе размерного анализа как сумма минимального припуска и допусков на данном и предыдущем переходах. В случае, если глубина резания является напуском, то она определяется исходя, из самых неблагоприятных условий обработки по выражению $t = (L_{\text{заг. max}} - L_{\text{дет. min}})/i$.

Таблица 1.22

Параметры режущих инструментов

N , пов.	B , мм	D , мм	d , мм	z	Обозначение	Вспомогательный инструмент
1,2	70	100	32	10	Фреза 2214–0153 BK8 ГОСТ 9473–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
1	70	100	32	10	Фреза 2214–0153 BK4 ГОСТ 9473–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)

Таблица 1.23

Параметры для глубины обработки

Содержание перехода	Z_{\max} , мм	Число проходов i	Глубина резания t , мм
Фрезеровать пов. 1 предварительно	3,6	1	3,6
Фрезеровать пов. 1 окончательно	0,7	1	0,7
Фрезеровать пов. 2 и 2* однократно	3,7	1	3,7

При фрезеровании назначается подача на зуб S_z (мм/зуб), а затем ее значение пересчитывается в подачу на оборот $S_o = S_z \cdot z$ (мм/об) и после определения действительной скорости резания и числа оборотов шпинделя станка определяется минутная подача $S_m = S_z \cdot n \cdot z$ (мм/мин), которая уточняется по паспорту станка. Выбор S_z (мм/зуб) производится в зависимости от твердости материала и глубины резания из табл. П. 3.1...П. 3.2.

Например, при черновом фрезеровании пов.1 можно принять по табл. П. 3.1: $S_z = 0,2$ мм/зуб. При этом подача на оборот фрезы составит $S_o = 0,2 \cdot 10 = 2$ мм/об.

Результаты выбора для обрабатываемой заготовки представлены в табл. 1.24.

Таблица 1.24

Значения подач

Содержание перехода	S_z , мм/зуб	S_o , мм/об	S_m , мм/мин
Фрезеровать пов. 1 предварительно	0,2	2	315
Фрезеровать пов. 1 окончательно	0,1	1	400
Фрезеровать пов. 2 и 2* однократно	0,2	2	400

При определении скорости резания V для каждого технологического перехода с использованием табличных данных можно применить следующую формулу:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (1.19)$$

где $V_{\text{табл}}$ — скорость резания по табл. П. 3.4... П. 3.5; K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (табл. П. 3.7); K_2 — коэффициент, зависящий от материала обрабатывающего инструмента (табл. П. 3.9); K_3 — коэффициент, зависящий от стойкости режущей части инструмента (табл. П. 3.8); K_4 — коэффициент, зависящий от отношений D/B или D/t (табл. П. 3.6).

Например, для чернового фрезерования пов. 1 можно выбрать $V_{\text{табл}} = 80$ м/мин, $K_1 = 1,1$; $K_2 = 0,8$; $K_3 = 0,8$, $K_4 = 1,1$. Тогда в соответствии с формулой (9.1) рекомендуемая скорость резания будет иметь значение $V = 80 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 62$ м/мин.

Далее рассчитывается частота вращения шпинделя n , по следующей зависимости:

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D_{\phi}, \quad (1.20)$$

где D_{ϕ} — диаметр фрезы, мм.

В рассматриваемом примере $n = 1000 \cdot 62 / \pi \cdot 100 = 197$ об/мин.

В соответствии с паспортом станка окончательно принимается частота вращения шпинделя $n = 160$ об/мин.

На следующем шаге необходимо рассчитать минутную подачу и уточнить ее по паспорту станка по следующей формуле:

$$S_m = S_o \cdot n. \quad (1.21)$$

В рассматриваемом примере $S_m = 2 \cdot 160 = 320$ мм/мин.

По паспорту станка принимаем $S_m = 315$ мм/мин. Это значение необходимо занести в табл. 1.24.

На заключительном этапе нужно уточнить скорость резания, которая будет $V = \pi \cdot 100 \cdot 160 / 1000 = 50$ м/мин.

Результаты расчета на других технологических переходах представлены в табл. 1.25.

Таблица 1.25

Значения скоростных параметров

Содержание перехода	$V_{\text{расч}}, \text{ м/мин}$	$n_{\text{расч}}, \text{ об/мин}$	$n_{\text{пр}}, \text{ об/мин}$	$V_{\text{пр}}, \text{ м/мин}$
Фрезеровать пов. 1 предварительно	62	197	160	50
Фрезеровать пов. 1 окончательно	136	433	400	126
Фрезеровать пов. 2 и 2* однократно	66	210	200	63

При фрезеровании эффективная мощность резания определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{э}} = N_{\text{г}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (1.22)$$

где $N_{\text{г}}$ — средняя мощность резания по данным графика рис. П. 8.1, определяемая в зависимости от объема срезаемого слоя в единицу времени Q , кВт; $K_{\text{р}}$ — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, определяемый по табл. П. 8.3. Исходя из этого, $K_{\text{р}} = 1,2$.

Значение Q определяется по следующей формуле:

$$Q = t \cdot B \cdot S_{\text{м}}/1000, \quad (1.23)$$

где t — глубина резания, мм; B — ширина фрезерования, мм; $S_{\text{м}}$ — минутная подача, мм/мин.

Для рассматриваемого примера при черновой обработке пов. 1 $Q = 3,6 \cdot 70 \cdot 315/1000 = 79,4 \text{ см}^3/\text{мин}$. Следовательно, в соответствии с графиком $N_{\text{г}} = 3,7 \text{ кВт}$. Окончательно имеем $N_{\text{э}} = 3,7 \cdot 1,2 = 4,45 \text{ кВт}$.

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение $N_{\text{э}}$ с мощностью станка.

Мощность станка определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{ст}} = \eta \cdot N_{\text{дв}} \quad (1.24)$$

где η — КПД главного привода; $N_{\text{дв}}$ — мощность двигателя главного привода, кВт;

В соответствии с зависимостью (1.24) $N_{\text{ст}} = 0,85 \cdot 7,5 = 6,3 \text{ кВт}$.

На основании выполнения неравенства $N_{\text{э}} \leq N_{\text{ст}}$ можно заключить, что принятые режимы резания для обработки данной поверхности являются допустимыми по данному критерию.

Аналогично необходимо проверить выполнение данного неравенства для других технологических переходов.

Операция 010 — радиально-сверлильная

На этой операции производится обработка базовых отверстий в лапах корпуса и обработка крепежных отверстий под крышку подшипника червячного колеса.

Параметры инструментов для выполнения этих приемов приведены в табл. 1.26.

Таблица 1.26

Параметры режущих инструментов

N , пов.	D , мм	L , мм	l , мм	Обозначение	Вспомогательный инструмент
18, 22, 10, 19	11,5	210	130	Сверло 2301–3412 ГОСТ 12121–77	Оправка 6100–0202 ГОСТ 13598–85 (Морзе 3; Морзе 1)
3	6,7	148	97	Сверло 2300–7179 ГОСТ 886–77	Патрон 10-B16 ГОСТ 8522–78
18, 22	11,8	138	26	Зенкер ГОСТ	Оправка 6230–0382 ГОСТ 13044–85 (Морзе 2)
18, 22	12	140	28	Развертка машинная ГОСТ 1672–80	Оправка 6230–0382 ГОСТ 13044–85 (Морзе 2)
3	8	70	10	Зенковка цилиндри- ческая ОСТ, нормаль	Патрон 10-B16 ГОСТ 8522–78
3	8			Метчик машинный ГОСТ	Патрон М5-М12–2 ГОСТ 8255–85 (Морзе 2)

Глубина резания при сверлении определяется как половина диаметра сверла. В других вариантах обработки это максимальный припуск Z_{\max} , который можно снять за один проход на данном переходе одним инструментом. Параметр Z_{\max} определяется в разделе «Определение припусков и диаметральных размеров». Значения глубины резания для переходов приведены в табл. 1.27.

Таблица 1.27

Параметры для глубины обработки

Содержание перехода	Z_{\max} , мм	Глубина резания t , мм
Сверлить пов. 18, 22	—	5,75
Сверлить пов. 10, 19	—	5,75
Сверлить пов. 3	—	3,35
Зенкеровать пов. 18, 22 однократно	0,82	0,82
Развернуть пов. 18, 22 однократно	0,14	0,14
Зенковать пов. 3	—	1
Нарезать резьбу на пов. 3	—	—

При сверлении, зенкеровании и развертывании применяется подача на оборот заготовки S_o (мм/об), которая выбирается в зависимости от условий обработки, вида обработки, группы подач, обрабатываемого материала и диаметра отверстия. Эти параметры определяются по табл. П. 3.11. При нарезании резьбы подача принимается равной шагу резьбы.

После выбора по таблицам значения подач корректируются по паспорту станка и принимаются ближайшие меньшие значения.

Так, для сверления пов. 10 под последующее зенкерование и развертывание можно выбрать третью группу подач. Далее для этой группы подач при диаметре сверления до 12 мм параметр S_o будет соответствовать значению 0,12 мм/об. В соответствии с паспортными данными станка окончательно $S_o = 0,1$ мм/об.

Остальные значения S_o приведены в табл. 1.28. Значения подач по паспорту станка указаны в знаменателе дроби.

Таблица 1.28

Значения подач

Содержание перехода	S_o , мм/об
Сверлить пов. 18, 22	0,12/0,1
Сверлить пов. 10, 19	0,12/0,1
Сверлить пов. 3	0,12/0,1
Зенкеровать пов. 18, 22 однократно	0,35/0,28
Развернуть пов. 18, 22 однократно	0,6/0,56
Зенковать пов. 3	0,45/0,4
Нарезать резьбу на пов. 3	1

При сверлении, зенкеровании, цековании, зенковании и центровании деталей из черных металлов скорость резания определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{расч}} = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.25)$$

где $V_{\text{табл}}$ — скорость резания по табл. П. 3.12 и П. 3.16; K_1 — коэффициент, зависящий от твердости обрабатываемого материала, принимается по табл. П. 3.13 и П. 3.17; K_2 — коэффициент из табл. П. 3.14 и П. 3.19, зависящий от стойкости инструмента; K_3 — коэффициент, зависящий от глубины обработки, указан в табл. П. 3.15 и П. 3.18.

При образовании резьбы метчиками и резьбонарезными головками величина $V_{\text{расч}}$ определяется по табл. П. 3.20 и П. 3.22, а при выполнении развертывания отверстия $V_{\text{расч}}$ можно определить по табл. П. 3.20 и П. 3.21.

Для рассматриваемого примера при обработке сверлением пов.10 $V_{\text{табл}} = 19$ м/мин; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,1$; $K_3 = 1,0$.

Тогда в соответствии с формулой (1.25) скорость резания будет соответствовать $V_{\text{расч}} = 28 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 30,2$ м/мин.

При сверлении частота вращения шпинделя определяется по следующей формуле:

$$n_{\text{расч}} = 1000 \cdot V / \pi \cdot D_{\text{св}}, \quad (1.26)$$

где $D_{\text{св}}$ — диаметр сверла, мм.

В рассматриваемом примере частота вращения шпинделя будет иметь значение $n_{\text{расч}} = 1000 \cdot 30,2 / \pi \cdot 11,5 = 836,3$ об/мин.

На основании паспортных данных станка принимается ближайшая, меньшая по значению, частота вращения $n_{\text{пр}} = 710$ об/мин. Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения шпинделя. Следовательно, фактическая скорость резания при сверлении будет равна $V_{\text{пр}} = \pi \cdot 11,5 \cdot 710 / 1000 = 26$ м/мин.

Результаты расчета на других технологических переходах представлены в табл. 1.29.

Таблица 1.29

Значения скоростных параметров

Содержание перехода	$V_{\text{расч}}$, м/мин	$n_{\text{расч}}$, об/мин	$n_{\text{пр}}$, об/мин	$V_{\text{пр}}$, м/мин
Сверлить пов. 18, 22	30,2	836,3	710	26
Сверлить пов. 10, 19	30,2	836,3	710	26

Окончание табл. 1.29

Содержание перехода	$V_{\text{расч}},$ м/мин	$n_{\text{расч}},$ об/мин	$n_{\text{пр}},$ об/мин	$V_{\text{пр}},$ м/мин
Сверлить пов. 3	27	1283	1000	21
Зенкеровать пов. 18, 22 однократно	37,8	1021	1000	37
Развернуть пов. 18, 22 однократно	8	212,3	180	6,8
Зенковать пов. 3	37,8	1021	1000	37
Нарезать резьбу на пов. 3	7,2	286,6	250	6,3

При сверлении, рассверливании и зенкеровании мощность резания определяется по следующей формуле:

$$N_s = N_{p, \text{табл}} \cdot K_p, \quad (1.27)$$

где $N_{p, \text{табл}}$ — мощность резания, в кВт, по табл. П. 8.4, П. 8.6, П. 8.8, П. 8.10, П. 8.12;

K_p — коэффициент, зависящий от твердости обрабатываемого материала, определяемый по табл. П. 8.5, П. 8.7, П. 8.9, П. 8.11, П. 8.13.

В рассматриваемом примере для пов. 10 $N_{p, \text{табл}} = 0,34$ кВт, $K_p = 1,1$. Тогда мощность будет равна $N_s = 0,34 \cdot 1,1 = 0,37$ кВт.

Далее необходимо сравнить полученное значение N_s с мощностью выбранного станка. При этом мощность на шпинделе определится по зависимости (1.24), а ее значение будет соответствовать $N_{\text{ст}} = 0,8 \cdot 4,5 = 3,6$ кВт.

Очевидно, что эффективная мощность резания не превышает мощности станка и, следовательно, принятые режимы резания можно считать допустимыми.

Аналогичную проверку необходимо провести для других технологических переходов.

Операция 015– вертикально-расточная

На операции с подготовленных чистовых базовых поверхностей обрабатываются основные отверстия под подшипники червячного колеса.

Параметры инструментов для выполнения требуемых переходов приведены в табл. 1.30.

Таблица 1.30

Параметры режущих инструментов

№ пов.	B , мм	D , мм	d/l , мм	z	Обозначение	Вспомогательный инструмент
7	70	100	32	10	Фреза 2214–0153 ВК8 ГОСТ 9473–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
7	70	100	32	10	Фреза 2214–0153 ВК4 ГОСТ 9473–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
14	—	—	—	—	Резец 2142–0212 ВК8 ГОСТ 9795–84 (12x12)	Оправка 6300–0541 ГОСТ21221–75 ($L_1=122,5$ мм)
13	—	—	—	—	Резец 2142–0205 ВК8 ГОСТ 9795–84 (10x10)	Оправка 6300–0538 ГОСТ21221–75 ($L_1=182,5$ мм)
14	—	—	—	—	Резец 2142–0212 ВК4 ГОСТ 9795–84 (12x12)	Оправка 6300–0541 ГОСТ21221–75 ($L_1=122,5$ мм)
13	—	—	—	—	Резец 2142– 0205 ВК4 ГОСТ 9795– 84 (10×10)	Оправка 6300–0538 ГОСТ21221–75 ($L_1=182,5$ мм)
14	—	59,88	32/25	8	Развертка насадная сборная ВК8 ГОСТ11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
14	—	60,00	32/25	12	Развертка насадная сборная ВК4 ГОСТ11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
13	—	49,9	22/32	8	Развертка насадная ВК8 ГОСТ11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
13	—	50,0	22/32	12	Развертка насадная ВК4 ГОСТ11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3; $d = 32$)
6		6,7	148	—	Сверло 2300– 7179 ГОСТ 886–77	Патрон 10-В16 ГОСТ 8522–78
6		8	70	10	Зенковка цилиндри- ческая ОСТ, нормаль	Патрон 10-В16 ГОСТ 8522–78
6		8			Метчик машинный ГОСТ	Патрон М5-М12–2 ГОСТ 8255–85

Глубина резания при растачивании определяется как максимальный припуск Z_{\max} , который можно снять за один проход на данном переходе расточным резцом. Параметр Z_{\max} должен быть определен в разделе «Определение припусков и диаметральных размеров». Значения глубины резания для переходов приведены в табл. 1.31.

При обработке резцами применяется подача на оборот заготовки S_o (мм/об), которая выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, радиуса при вершине резца и качества обрабатываемой поверхности. При нарезании резьбы подача равна шагу резьбы, а при фрезеровании методика изложена при рассмотрении 005 операции.

Параметры для выбора подач определяются по табл. П. 3.22 и П. 3.23. После выбора по таблицам их значения необходимо скорректировать по паспорту станка и принять ближайшие меньшие значения.

Таблица 1.31

Параметры для глубины обработки

Содержание перехода	Z_{\max} , мм	Глубина резания t , мм
Фрезеровать пов. 7 предварительно	2,31	2,31
Фрезеровать пов. 7 окончательно	1,29	1,29
Расточить пов. 14 предварительно	2,6	2,6
Расточить пов. 14 окончательно	0,62	0,62
Расточить пов. 13 предварительно	2,5	2,5
Расточить пов. 13 окончательно	0,55	0,55
Развернуть пов. 14 предварительно	0,22	0,22
Развернуть пов. 14 окончательно	0,07	0,07
Развернуть пов. 13 предварительно	0,2	0,2
Развернуть пов. 13 окончательно	0,06	0,06
Сверлить пов. 6	—	3,35
Зенковать пов. 6	—	1
Нарезать резьбу на пов. 6	—	—

Так, для предварительного растачивания пов. 14 под последующую чистовую обработку для радиуса при вершине резца до 2 мм и при шероховатости поверхности не выше 6,3 мкм можно выбрать подачу в пределах 0,5 мм/об. В соответствии с паспортными данными станка окончательно $S_o = 0,2$ мм/об.

Остальные значения S_o приведены в табл. 1.32. Значения подач по паспорту станка указаны в знаменателе дроби.

Таблица 1.32

Значения подач

Содержание перехода	S_o , мм/об
Фрезеровать пов. 7 предварительно	2/0,2
Фрезеровать пов. 7 окончательно	1/0,2
Расточить пов. 14 предварительно	0,5/0,2
Расточить пов. 14 окончательно	0,3/0,2
Расточить пов. 13 предварительно	0,5/0,2
Расточить пов. 13 окончательно	0,3/0,2
Развернуть пов. 14 предварительно	2,1/0,2
Развернуть пов. 14 окончательно	1,4/0,2
Развернуть пов. 13 предварительно	2,1/0,2
Развернуть пов. 13 окончательно	1,4/0,2
Сверлить пов. 6	0,09/0,05
Зенковать пов. 6	0,45/0,2
Нарезать резьбу на пов. 6	0,5

На следующем шаге определяется значение скорости резания $V_{\text{табл}}$ по табл. П. 3.24, которое корректируется с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.28)$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и его твердости; K_2 — коэффициент, зависящий от периода стойкости инструмента; K_3 — коэффициент, зависящий от вида обработки.

Данные коэффициенты назначаются в соответствии с данными из табл. П. 3.26...П. 3.28.

В рассматриваемом примере для предварительного растачивания пов. 14 $V_{\text{табл}} = 93$ м/мин, $K_1 = 1,0$; $K_2 = 0,9$; $K_3 = 1,0$.

В соответствии с принятыми коэффициентами скорость резания

$$V_{\text{расч}} = 93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 84 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя может быть определена по формуле

$$n_{\text{расч}} = 1000 \cdot V_{\text{расч}} / \pi \cdot D_d, \quad (1.29)$$

где D_d — диаметр обрабатываемой поверхности.

В рассматриваемом примере $n_{\text{расч}} = 1000 \cdot 84 / \pi \cdot 59 = 451$ об/мин.

Величина скорости уточняется по паспорту станка: $n_{\text{пр}} = 435$ об/мин. Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения:

$$V_{\text{пр}} = \pi \cdot 59 \cdot 435 / 1000 = 80 \text{ м/мин.}$$

Результаты расчета на других технологических переходах представлены в табл. 1.33.

Таблица 1.33

Значения скоростных параметров

Содержание перехода	$V_{\text{расч}},$ м/мин	$n_{\text{расч}},$ об/мин	$n_{\text{пр}},$ об/мин	$V_{\text{пр}},$ м/мин
Фрезеровать пов. 7 предварительно	56	178	150	47
Фрезеровать пов. 7 окончательно	136	433	300	94
Расточить пов. 14 предварительно	84	451	435	80
Расточить пов. 14 окончательно	175,5	947	850	159
Расточить пов. 13 предварительно	94,5	614	600	91,5
Расточить пов. 13 окончательно	175,5	1118	850	132
Развернуть пов. 14 предварительно	30	160	150	28,2
Развернуть пов. 14 окончательно	30	159	150	28,3
Развернуть пов. 13 предварительно	30	192	150	23,5
Развернуть пов. 13 окончательно	30	191	150	23,6
Сверлить пов. 6	33	1568	1200	25
Зенковать пов. 6	37,8	1021	850	21
Нарезать резьбу на пов. 6	7,2	286,6	210	5,3

Для фрезерования мощность резания определяется по формулам, приведенным выше, и графику из рис. П. 8.1. Для рассматриваемого предварительного фрезерования пов. 7 $Q = 2,31 \cdot 70 \cdot 30 / 1000 = 4,9 \text{ см}^3/\text{мин}$. В соответствии с графиком $N_{\text{г}} = 0,5 \text{ кВт}$. Окончательно имеем $N_{\text{э}} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ кВт}$. В соответствии с зависимостью (1.24) $N_{\text{ст}} = 0,85 \cdot 3,7 = 3,1 \text{ кВт}$. На основании выполнения неравенства $N_{\text{э}} \leq N_{\text{ст}}$ можно заключить, что принятые режимы резания для предварительной обработки данной поверхности являются допустимыми по данному критерию.

Мощность резания при обработке резцами определяется по формуле

$$N_{\text{э}} = N_{\text{табл}} \cdot V \cdot K_{\text{р}} / 100, \quad (1.30)$$

где $N_{\text{табл}}$ — табличная расчетная мощность по П. 8.1, кВт; K_p — коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал в зависимости от его твердости по П. 8.2; V — скорость резания, м/мин.

Для рассматриваемого предварительного растачивания пов. 13 $N_{\text{табл}} = 2,5$ кВт, а значение $K = 0,45$. Тогда по формуле (1.30) $N_s = 2,5 \cdot 91,5 \cdot 0,45/100 = 1,03$ кВт. Из неравенства $1,03 \text{ кВт} \leq 3,1 \text{ кВт}$ следует, что станок подходит по мощности для реализации этого режима обработки.

При сверлении мощность определяется по зависимости (1.27). Тогда для сверления пов. 6 $N_{p, \text{табл}} = 0,14$ кВт, $K_p = 1,1$. Исходя из этого, мощность будет равна $N_s = 0,14 \cdot 1,1 = 0,16$ кВт. Очевидно, что эта величина не превосходит мощность на шпинделе станка, которая соответствует значению 3,1 кВт.

Аналогичную проверку необходимо провести для других технологических переходов по изложенной методике.

Операция 020 — горизонтально-расточная

На операции с подготовленных чистовых базовых поверхностей обрабатываются торцы и основные отверстия под подшипники червяка, а также изготавливаются резьбовые отверстия для крепления крышек подшипников.

Параметры инструментов для выполнения требуемых переходов приведены в табл. 1.34.

Таблица 1.34

Параметры режущих инструментов

№ пов.	B , мм	D , мм	d/l , мм	z	Обозначение	Вспомогательный инструмент
11, 17	46	63	27	14	Фреза 2210—0071 ГОСТ 9304—80	Оправка 6220—0193 ГОСТ 13041—83 (Морзе 4; $d = 27$)
4	—	33,7	—	—	Зенкер, ВК8 ГОСТ 3231—71	Оправка 6039—0022 В12 ГОСТ 2682—86 (Морзе 3)

Окончание табл. 1.34

№ пов.	B , мм	D , мм	d/l , мм	z	Обозначение	Вспомогательный инструмент
4	—	34,64	—	—	Зенкер, ВК4 ГОСТ 3231–71	Оправка 6039–0022 В12 ГОСТ 2682–86 (Морзе 3)
4	—	34,90	20/32	8	Развертка насадная сборная ВК8 ГОСТ 11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3)
4	—	35,00	20/32	12	Развертка насадная сборная ВК4 ГОСТ 11175–80	Оправка 6220–0006 ГОСТ 13787–68 (Морзе 3)
12	—	3,2	—/69	—	Сверло 2300–0023 ГОСТ 886–77	Патрон 4–В10 ГОСТ 8522–78
12	—	4	—	—	Метчик машинный ГОСТ	Патрон М5–М12–2 ГОСТ 8255–85

Глубина резания при зенкеровании определяется как максимальный припуск Z_{\max} , который можно снять за один проход на данном переходе. Параметр Z_{\max} должен быть определен в разделе «Определение припусков и диаметральных размеров». Значения глубины резания для переходов приведены в табл. 1.35.

Таблица 1.35

Параметры для глубины обработки

Содержание перехода	Z_{\max} , мм	Глубина резания t , мм
Фрезеровать пов. 11, 17 однократно	7,0	3,5
Зенкеровать пов. 4 предварительно	2,7	2,7
Зенкеровать пов. 4 окончательно	0,55	0,55
Развернуть пов. 4 предварительно	0,24	0,24
Развернуть пов. 4 окончательно	0,06	0,06
Сверлить пов. 12	—	1,8
Нарезать резьбу на пов. 12	—	—

При обработке резцами применяется подача на оборот заготовки S_o (мм/об), которая выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, радиуса при вершине резца и качества обрабатываемой по-

верхности. При нарезании резьбы подача принимается равной шагу резьбы, а при фрезеровании методика изложена при рассмотрении 005 операции.

Параметры для выбора подач определяются по табл. П. 3.22 и П. 3.23. После выбора по таблицам их значения необходимо скорректировать по паспорту станка и принять ближайшие меньшие значения.

Так, для предварительного развертывания пов. 4 под последующую чистовую обработку при первой группе подач и диаметре до 40 мм можно выбрать подачу в пределах 1,8 мм/об. В соответствии с паспортными данными станка окончательно $S_o = 1,6$ мм/об.

Остальные значения S_o приведены в табл. 1.36. Значения подач по паспорту станка указаны в знаменателе дроби.

Таблица 1.36

Значения подач

Содержание перехода	S_o , мм/об
Фрезеровать пов. 11,17 однократно	2/2
Зенкеровать пов. 4 предварительно	0,8/0,8
Зенкеровать пов. 4 окончательно	0,5/0,5
Развернуть пов. 4 предварительно	1,8/1,6
Развернуть пов. 4 окончательно	1,2/1,0
Сверлить пов. 12	0,06/0,05
Нарезать резьбу на пов. 12	0,2/0,2

На следующем шаге необходимо определить табличное значение скорости резания $V_{\text{табл}}$, которое корректируется с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки.

В рассматриваемом примере для предварительного зенкерования пов. 4 в соответствии с (1.25) $V_{\text{табл}} = 57$ м/мин, $K_1 = 0,9$; $K_2 = 1,2$; $K_3 = 1,0$.

В соответствии с принятыми коэффициентами скорость резания

$$V_{\text{расч}} = 57 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 61,5 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя может быть определена по зависимости (1.26). В рассматриваемом примере для предварительного зенкерования $n_{\text{расч}} = 1000 \cdot 61,5 / \pi \cdot 33,7 = 582$ об/мин.

Величина скорости уточняется по паспорту станка: $n_{\text{пр}} = 500$ об/мин.

Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения:

$$V_{\text{пр}} = \pi \cdot 33,7 \cdot 500/1000 = 53 \text{ м/мин.}$$

Результаты расчета на других технологических переходах представлены в табл. 1.37.

Таблица 1.37

Значения скоростных параметров

Содержание перехода	$V_{\text{расч}},$ м/мин	$n_{\text{расч}},$ об/мин	$n_{\text{пр}},$ об/мин	$V_{\text{пр}},$ м/мин
Фрезеровать пов. 11,17 однократно	56	178	160	50
Зенкеровать пов. 4 предварительно	61,5	582	500	53
Зенкеровать пов. 4 окончательно	75	690	630	68
Развернуть пов. 4 предварительно	30	274	250	27
Развернуть пов. 4 окончательно	35	318	315	34,5
Сверлить пов. 12	23,5	1871	1000	12,5
Нарезать резьбу на пов. 12	5,5	437	400	5

Проверка оборудования по мощности резания определяется по методике, изложенной в рассматриваемых выше операциях.

Полученные табличные данные по каждой из операций необходимо представить в соответствующих строках операционных карт.

13.

Нормирование технологических операций

Техническая норма времени — это минимально необходимое время выполнения операции в определенных, наиболее благоприятных, организационно-технических условиях [14].

Норма времени при выполнении станочных работ состоит из нормы подготовительно-заключительного времени и нормы штучного времени.

Норма штучного времени $t_{\text{шт.}}$ определяется по формуле

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_b + t_{\text{обс}} + t_{\text{отд}}, \quad (1.31)$$

где t_o — основное (технологическое) время, мин; t_b — вспомогательное время, мин; $t_{обс}$ — время на обслуживание рабочего места; $t_{отд}$ — время перерывов на отдых.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ дается на партию заготовок объема $n_{п.}$

Норма штучно-калькуляционного времени определяется как

$$t_{шт.-к} = t_{шт.} + T_{пз}/n_{п.} \quad (1.32)$$

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем:

$$t_{оп} = t_o + t_b. \quad (1.33)$$

Основное время определяется по формуле

$$t_o = L \cdot i / S_{мин}, \quad (1.34)$$

где $L = l + l_{вр} + l_{пер}$ — расчетная длина обработки, включающая длину обрабатываемой поверхности l , длину на врезание $l_{вр}$ и перебег $l_{пер}$ инструмента; i — число рабочих ходов (число ходов для снятия слоя припуска); $S_{мин} = S_{об} \cdot n$ — минутная подача, равная произведению подачи на оборот $S_{об}$ на частоту вращения n .

Вспомогательное время определяется по нормативам вспомогательного времени и включает в общем случае

$$t_b = t_{yc} + t_{п} + t_{изм}, \quad (1.35)$$

где t_{yc} — время на установку и снятие заготовки; $t_{п}$ — время, связанное с переходом для определенного комплекса приемов, и отдельно — время на приемы, не вошедшие в комплекс; $t_{изм}$ — время на контрольные измерения.

Время на обслуживание рабочего места $t_{обс}$ и время перерывов на отдых $t_{отд}$ определяется в процентах от оперативного времени $t_{оп}$ по нормативам.

Состав оперативного времени зависит от структуры технологической операции, т. е. от способа сочетания основных и вспомогательных переходов во времени.

В зависимости от способа совмещения технологических переходов и состава основного времени операции различают три класса обработки:

- *последовательную обработку*, для которой основное время на опе-

рацию определяется по формуле $t_o = \sum t_{oi}$, т. е. как сумма всех основных времен отдельных технологических переходов;

- *параллельную обработку*, для которой основное время на операцию определяется по формуле $t_o = \max t_{oi}$, т. е. как время технологического перехода, имеющего максимальную длительность;
- *параллельно-последовательную обработку*, для которой основное время на операцию определяется по формуле $t_o = \sum \max t_{oi}$, т. е. как сумма времен технологических переходов, имеющих максимальную длительность, но выполняемых в отдельных блоках, параллельно с другими технологическими переходами, входящими в блок.

В зависимости от способа совмещения вспомогательных переходов с основными и состава вспомогательного времени различают четыре группы операций, для которых вспомогательное время определяется по нижеследующим формулам.

Группа 1: $t_b = t_{yc} + t_{\pi} + t_{изм}$. В таких операциях все переходы выполняются последовательно, обработка ведется методом пробных ходов.

Группа 2: $t_b = t_{yc} + t_{\pi}$. В отличие от группы 1, работа ведется на настроенных станках и пробные ходы не требуются.

Группа 3: $t_b = t_{\pi}$. Установка и снятие заготовки по времени совмещены с технологическими переходами, т. е. они перекрываются другими элементами операции и исчезают из формулы вспомогательного времени. Это характерно для многопозиционной обработки, когда одна из позиций — загрузочная.

Группа 4: $t_b = 0$. Вспомогательное время полностью совмещено с основным, так как все вспомогательные переходы выполняются параллельно с механической обработкой заготовок (карусельно- фрезерные станки и т. п.).

Принятые обозначения:

t_{yc} — время на установку и снятие заготовки;

t_{π} — время на холостые перемещения, связанные с выполнением переходов;

$t_{изм}$ — время на измерения, связанные со взятием пробных стружек при работе методом пробных ходов.

Таблицы для определения норм вспомогательного времени приводятся в литературе [19].

Операция 005 — вертикально-фрезерная

При определении нормы времени для этой операции нужно рассчитать основное время для фрезерования поверхностей лап 2 и поверхности 1 для установки крышки подшипника по формуле

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{п}})i}{s_z \cdot z \cdot n}, \quad (1.36)$$

где l — длина обработки фрезой, мм; s_z — подача на зуб, мм; z — число зубьев фрезы.

Величина $l_{\text{вр}}$ для цилиндрических и дисковых фрез определяется по следующей зависимости:

$$l_{\text{вр}} = \sqrt{t(D - t)}, \quad (1.37)$$

где t — глубина фрезерования, мм; D — диаметр фрезы, мм.

Величина $l_{\text{вр}}$ для торцовых фрез определяется по следующей зависимости:

$$l_{\text{вр}} = 0,5 \left(D - \sqrt{(D^2 - b^2)} \right) + \frac{t}{\text{tg}(\varphi)}, \quad (1.38)$$

где b — ширина фрезерования, мм; φ — главный угол фрезы в плане, град.

Значение $l_{\text{п}}$ принимается от 2 до 5 мм и зависит от диаметра фрезы.

В данном случае для фрезерования лап торцовой фрезой

$$l_{\text{вр}} = 0,5 \left(100 - \sqrt{(100^2 - 32^2)} \right) + \frac{1}{\text{tg}(45^\circ)} = 4,0 \text{ мм.}$$

Величину $l_{\text{п}}$ для фрезы $D = 100$ мм можно назначить 4 мм.

Основное время для торцового фрезерования пов. 2 и 2*:

$$t_o = 2 \cdot \frac{(177 + 4 + 4) \cdot 1}{0,2 \cdot 10 \cdot 200} = 0,92 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время при работе на фрезерных станках для обработки рассматриваемых пов. 2 и 2* будет $t_{\text{в}} = 0,35$ мин.

Результаты нормирования других технологических переходов данной операции представлены в табл. 1.38.

Таблица 1.38

Нормирование переходов

№ пов.	Содержание переходов	Основное время, мин	Вспомогательное время, мин
1	Фрезеровать предварительно	0,33	0,15
1	Фрезеровать окончательно	0,27	0,37
2 и 2*	Фрезеровать однократно	0,92	0,37
Оперативное время, мин		2,41	

Время на отдых и обслуживание рабочего места при фрезеровании определяется в процентах от оперативного времени с использованием зависимости

$$t_{\text{отд, обс}} = (0,06 \div 0,08)t_{\text{оп}}. \quad (1.39)$$

В соответствии с формулой (4.45) и данными по оперативному времени из табл. 1.38 величина $t_{\text{отд, обс}}$ будет

$$t_{\text{отд, обс}} = 0,07 \cdot 2,41 = 0,17 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на данную операцию в соответствии с формулой (1.31) и табл. 1.38:

$$t_{\text{шт.}} = 2,41 + 0,17 + 0,17 = 2,75 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на фрезерном станке можно выбрать по табл. П. 7.10–П. 7.13:

$$T_{\text{пз}} = (4 + 2 + 2) + 14 + 2 + 2 = 26 \text{ мин,}$$

на единицу продукции при объеме партии $n_{\text{п}} = 115$ шт.

$$T_{\text{пз}}/n_{\text{п}} = 26/115 = 0,23 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (1.32):

$$t_{\text{шт.-к}} = 2,75 + 0,23 = 2,98 \text{ мин.}$$

Операция 010 — радиально-сверлильная

Особенностью нормирования данной операции является определение t_o для нарезания резьбы, сверления под резьбу, а также зенкерование и развертывание базовых отверстий.

В этом случае основное время для нарезания резьбы метчиком определяется по следующей формуле:

$$t_o = 2 \cdot L / n \cdot P, \quad (1.40)$$

где $L = l + l_{вр} + l_{п}$ — длина рабочего хода метчика; l — длина резьбы; P — шаг резьбы, в мм; n — частота вращения шпинделя, об/мин.

Величина врезания $l_{вр}$ для метчика может быть определена по формуле

$$l_{вр} = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg}(\varphi), \quad (1.41)$$

где D — наружный диаметр метчика; d — наименьший диаметр заборного конуса; φ — угол заборной части метчика, град.

Величина перебега $l_{п}$ для глухих отверстий принимается равной нулю, а для сквозных отверстий ее можно принять равной 2 мм.

В соответствии с принятыми значениями параметр метчика

$$l_{вр} = \frac{8-5,3}{2} \operatorname{ctg}(36^\circ) = 1,9 \text{ мм.}$$

Величина основного времени для нарезания резьбы в четырех отверстиях последовательно

$$t_o = 2 (12 + 1,9) 4 / 250 \cdot 0,2 = 2,22 \text{ мин.}$$

Основное время для сверления крепежных отверстий определяют по формуле (1.34), приняв значение $i = 4$.

Величина $l_{вр}$ для сверла может быть определена по формуле

$$l_{вр} = \frac{D}{2} \operatorname{ctg}(\varphi), \quad (1.42)$$

где D — наружный диаметр сверла; φ — главный угол сверла в плане, равный 60 град.

В соответствии с параметрами сверла

$$l_{вр} = \frac{6,7}{2} \operatorname{ctg}(60^\circ) = 1,95 \text{ мм.}$$

Величина основного времени для сверления четырех глухих отверстий под резьбу последовательно

$$t_o = (15 + 1,95)4/1000 \cdot 0,1 = 0,68 \text{ мин.}$$

Путь врезания при сверлении базовых отверстий 10 будет иметь значение

$$l_{\text{вр}} = \frac{12}{2} \text{ctg}(60^\circ) = 3,48 \text{ мм.}$$

Величину перебега можно принять равной величине врезания. При этом основное время на сверление этих отверстий составит

$$t_o = (12 + 3,48 + 3,48)4/710 \cdot 0,1 = 1,06 \text{ мин.}$$

Величина $l_{\text{вр}}$ для зенкера может быть определена по формуле

$$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg}(\varphi) + 1 \text{ мм}, \quad (1.43)$$

где t — глубина резания, мм; φ — угол заборной части инструмента, град.

Величину $l_{\text{п}}$ для зенкера можно принять равной $1,03 l_{\text{вр}}$.

Значения параметров $l_{\text{вр}} + l_{\text{п}}$ для развертывания можно определить по табл. 1.39

Таблица 1.39

Величины врезания и перебега для развертывания, мм

Вид отверстия	Диаметр развертки, мм								
	5	10	15	20	25	30	40	50	Св. 60
Сквозное	8	9	15	18	19		24	25	26
Глухое	2	3				4			5

Основное время при работе зенкера и развертки определяется по зависимости (1.34).

Следовательно, для зенкерования двух базовых отверстий 10 величина врезания инструмента будет

$$l_{\text{вр}} = 0,82 \cdot \text{ctg}(60^\circ) + 1 = 1,48 \text{ мм.}$$

При этом основное время при их зенкеровании с использованием зависимости (1.34) будет

$$t_o = (12 + 1,48 + 1,52)2/1000 \cdot 0,28 = 0,1 \text{ мин.}$$

Для развертывания базовых отверстий 10 величина $l_{вр} + l_{п}$ инструмента составит 12 мм. Основное время на обработку развертыванием будет иметь значение

$$t_o = (12 + 12)2/180 \cdot 0,56 = 0,48 \text{ мин.}$$

Результаты нормирования технологических переходов на этой операции представлены в табл. 1.40.

Таблица 1.40

Нормирование переходов операции 010

№ пов.	Содержание переходов	Основное время, мин	Вспомогательное время, мин
10, 18, 19, 22	Сверлить	1,06	0,35
3	Сверлить	0,68	0,35
18, 22	Зенкеровать однократно	0,1	0,18
18, 22	Развернуть однократно	0,48	0,18
3	Зенковать	0,01	0,35
3	Нарезать резьбу	2,22	0,35
Оперативное время, мин		6,31	

Время на отдых и обслуживание рабочего места определяется по формуле (1.39) и табл. П. 7.1 в процентах от оперативного времени.

В данном случае в соответствии с величиной $t_{оп}$ из табл. 1.40:

$$t_{отд, обс} = 0,055 \cdot 6,31 = 0,35 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на операцию

$$t_{шт.} = 6,31 + 0,35 + 0,35 = 7,01 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на сверлильных станках можно выбрать по табл. П. 7.7...П. 7.9:

$$T_{пз} = (4 + 2 + 2) + 9 + 2 + 1 = 20 \text{ мин,}$$

на единицу продукции:

$$T_{пз}/n_{п} = 20/115 = 0,17 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (1.32)

$$t_{шт.-к} = 7,01 + 0,17 = 7,18 \text{ мин.}$$

Операция 015 — вертикально-расточная

Особенностью нормирования данной операции является определение времени обработки при работе резцами, формирующими основные отверстия в корпусе.

При растачивании основное время определяется по формуле (1.34) при известных режимах обработки.

Величины врезания $l_{вр}$ и перебега $l_{п}$ резца можно назначить по табл. 1.41 в зависимости от углов в плане и глубины резания.

Таблица 1.41

Значения врезания и перебега для резцов

Резцы	Угол в плане, град	Глубина резания, мм									
		1	2	3	4	5	6	7	8	10	
		Величина врезания, мм									
Проходные и расточные	15	5	9	13	16	20	24	28	31	39	
	30	3	5	7	8	10	12	14	15	19	
	45	2	3	4	5	6	7	8	9	12	
	60	1	2	3		4		5		6	
	75	1	2			3			4		
	90	3									
Подрезные		3—5									
Отрезные											
Фасонные											
Для всех типов резцов при работе напроход		Величина перебега, мм									
		1		2					3		

Например, при предварительном растачивании пов. 14 резцом с $\varphi = 45^\circ$ значение $l_{вр} = 4$ мм, а $l_{п} = 2$ мм. Тогда величина t_o будет

$$t_o = (18 + 4 + 2)/435 \cdot 0,2 = 0,28 \text{ мин.}$$

При окончательном растачивании пов. 13 резцом с $\varphi = 45^\circ$ значение $l_{вр} = 2$ мм, а $l_{п} = 1$ мм. Следовательно, величина t_o будет

$$t_o = (30 + 3)/850 \cdot 0,2 = 0,19 \text{ мин.}$$

Методика определения аналогичных параметров для других переходов рассмотрена в предыдущих операциях.

Результаты расчетов этих величин представлены в табл. 1.42.

Время на отдых и обслуживание рабочего места определяется по формуле (1.39) и табл. П. 7.1 в процентах от оперативного времени.

В данном случае в соответствии с величиной $t_{оп}$ из табл. 1.42:

$$t_{отд, обс} = 0,075 \cdot 21,9 = 1,64 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на операцию

$$t_{шт.} = 21,9 + 1,64 + 1,64 = 25,18 \text{ мин.}$$

Таблица 1.42

Нормирование переходов операции 015

№ пов.	Содержание переходов	Основное время, мин	Вспомогательное время, мин
7	Фрезеровать предварительно	3,55	0,28
7	Фрезеровать окончательно	1,75	0,35
14	Расточить предварительно	0,28	0,35
14	Расточить окончательно	0,12	0,35
13	Расточить предварительно	0,34	0,35
13	Расточить окончательно	0,3	0,35
14	Развернуть предварительно	1,5	0,35
14	Развернуть окончательно	1,5	0,35
13	Развернуть предварительно	1,8	0,35
13	Развернуть окончательно	1,8	0,35
6	Сверлить	1,36	0,55
6	Зенковать	0,02	0,55
6	Нарезать резьбу	2,5	0,55
Оперативное время, мин		21,9	

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на расточных станках можно выбрать по табл. П. 7.7...П. 7.9:

$$T_{пз} = (4 + 2 + 2) + 14 + 2 + 1 = 25 \text{ мин;}$$

на единицу продукции

$$T_{пз}/n_{п} = 25/115 = 0,22 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (1.32)

$$t_{шт.-к} = 25,18 + 0,22 = 25,4 \text{ мин.}$$

Операция 020 — горизонтально-расточная

Определение времени обработки аналогично алгоритму, изложенному в 015 операции.

В частности, для предварительного фрезерования пов. 7 торцевой фрезой величина $l_{\text{вп}}$ определяется по зависимости (1.38):

$$l_{\text{вп}} = 0,5 \left(100 - \sqrt{(100^2 - 70^2)} \right) + \frac{3,5}{\text{tg}(45^\circ)} = 17,8 \text{ мм.}$$

Величину $l_{\text{п}}$ можно принять 4 мм. Тогда основное время по зависимости (1.36) при двух рабочих ходах будет иметь значение

$$t_o = 2 \cdot \frac{(70 + 17,8 + 4)2}{0,2 \cdot 10 \cdot 160} = 1,14 \text{ мин.}$$

Для предварительного зенкерования пов. 4 величина врезания инструмента по зависимости (1.43) будет

$$l_{\text{вп}} = 2,7 \cdot \text{ctg}(60^\circ) + 1 = 2,55 \text{ мм.}$$

Тогда значение перебега будет $l_{\text{п}} = 1,03 \cdot 2,55 = 2,63 \text{ мм}$. При этом основное время при зенкеровании двух отверстий с использованием зависимости (1.34) будет

$$t_o = (25 + 2,55 + 2,63) \cdot 2/500 \cdot 0,8 = 0,15 \text{ мин.}$$

Для предварительного развертывания пов. 4 величина $l_{\text{вп}} + l_{\text{п}}$ по табл. 1.39 составит 21,5 мм. Основное время на обработку двух отверстий развертыванием составит

$$t_o = (25 + 21,5) \cdot 2/250 \cdot 1,6 = 0,23 \text{ мин.}$$

Величина врезания при сверлении крепежных отверстий 12 будет иметь значение

$$l_{\text{вп}} = \frac{3,3}{2} \text{ctg}(60^\circ) = 0,96 \text{ мм.}$$

Величину перебега можно принять равной величине врезания.

При этом основное время на сверление этих отверстий составит

$$t_o = (12 + 0,96 + 0,96) \cdot 8/1000 \cdot 0,05 = 2,23 \text{ мин.}$$

Для последующего нарезания резьбы параметр $l_{вр}$ для метчика определится по зависимости (1.41):

$$l_{вр} = \frac{4 - 2,6}{2} \text{ctg}(36^\circ) = 1,0 \text{ мм.}$$

Величина основного времени для нарезания резьбы в четырех отверстиях последовательно с двух сторон

$$t_o = 2 \cdot (9 + 1,0) \cdot 8/400 \cdot 0,2 = 2,0 \text{ мин.}$$

Результаты расчетов этих величин на всех переходах представлены в табл. 1.43.

Таблица 1.43

Нормирование переходов операции 020

№ пов.	Содержание переходов	Основное время, мин	Вспомогательное время, мин
11, 17	Фрезеровать однократно	1,14	0,48
4	Зенкеровать предварительно	0,15	0,63
4	Зенкеровать окончательно	0,16	0,63
4	Развернуть предварительно	0,23	0,63
4	Развернуть окончательно	0,3	0,63
12	Сверлить	2,23	1,13
12	Нарезать резьбу	2,0	1,13
Оперативное время, мин		11,47	

Время на отдых и обслуживание рабочего места определяется по формуле (1.39) и табл. П. 7.1 в процентах от оперативного времени.

В данном случае в соответствии с величиной $t_{оп}$ из табл. 1.43:

$$t_{отд, обс} = 0,075 \cdot 11,47 = 0,86 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на операцию:

$$t_{шт.} = 11,47 + 0,86 + 0,86 = 13,2 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на расточных станках можно выбрать по табл. П. 7.7...П. 7.9:

$$T_{пз} = (4 + 2 + 2) + 14 + 2 + 1 = 25 \text{ мин;}$$

на единицу продукции:

$$T_{пз}/n_{п} = 25/115 = 0,22 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (1.42):

$$t_{шт.-к} = 13,2 + 0,22 = 13,42 \text{ мин.}$$

14.

Оформление технологической документации

Завершающим этапом в процессе разработки технологического процесса является оформление комплекта технологической документации.

При выполнении проекта необходимо выполнить маршрутно-операционную степень детализации описания технологического процесса.

Этот вид формального описания технологии механообработки включает в себя сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте с последовательностью их выполнения и полное описание отдельных операций в операционных картах [16].

14.1. Оформление маршрутной карты

Маршрутная карта является обязательным документом технологического процесса. Форма и правила оформления этого документа регламентированы согласно ГОСТ 3.1118–82.

В процессе заполнения этого документа информацию необходимо вносить построчно, используя несколько типов строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Эти символы определяют состав информации, которую необходимо разместить в графах данного типа строки. Простановка служебных символов является обязательной. Для их обозначения приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Соответствие служебного символа и содержания информации, размещаемой в строке технологической карты, представлено в табл. 1.44.

Сведения, вносимые в строки и отдельные ячейки маршрутной карты, приведены в табл. 1.45. Номера соответствующих ячеек дополнительно отмечены в бланке маршрутной карты, которая представлена на рис. 1.15.

Таблица 1.44

Сведения, вносимые в строки технологической карты

Служебный символ	Содержание информации в строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; ее код и наименование
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
М	Информация о исходной заготовке, кодах единицы величины и нормирования, массе детали, заготовки, о норме расхода и коэффициенте использования материала
О	Содержание операции или перехода
Т	Информация о применяемой технологической оснастке
Р	Информация о режимах обработки

Таблица 1.45

Информация, вносимая в ячейки маршрутной карты

Номер ячейки	Служебный символ	Содержание информации
1	—	Наименование детали по конструкторскому документу
2	—	Код детали по конструкторскому классификатору
3	—	Технологический код для типовых и групповых технологических процессов
4	—	Технологический код детали по ГОСТ 3.1201–85
5	—	Общее количество листов документа
6	—	Порядковый номер листа документа
7	—	Литера технологического документа. «ПП» для проекта по модулю, «ВКР» для выпускной квалификационной работы
8	—	Ячейка для особых указаний
9	А	Обозначение документов, применяемых при выполнении операции. Например, ИОТ — инструкция по охране труда
10	Б ($T_{шт.}$)	Норма штучного времени на операцию, в мин
11	Б ($T_{п.-з}$)	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, в мин
12	Б ($K_{шт.}$)	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании. (1-й ст. — 1; 2-й ст. — 0,65; 3-й ст. — 0,48; 4-й ст. — 0,39; 5-й ст. — 0,35)
13	Б (ОП)	Объем производственной партии в штуках
14	Б, М02 (ЕН)	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени. Например, 1, 10, 100
15	Б (КОИД)	Количество одновременно изготавливаемых деталей
16	Б (КР)	Количество рабочих, выполняющих операцию

Окончание табл. 1.45

Номер ячейки	Служебный символ	Содержание информации
17	Б (УТ)	Код условий труда в виде цифры и буквы
18	Б (Р)	Разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику и коду формы оплаты труда
19	Б (ПРОФ)	Код профессии по классификатору профессий
20	Б (СМ)	Степень механизации труда
21	Б	Код оборудования, включающий шесть высших цифр и после точки четыре низшие цифры согласно классификационной группировке. Низший код обозначается в проекте по модулю и в выпускных квалификационных работах знаками XXXX
22	А	Код операции согласно классификатору. После кода записывается ее наименование. Для станков с ЧПУ к коду операции добавляется обозначение «4103»
23	А (Цех)	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	А (Уч.)	Номер участка, на котором выполняется операция
25	А (РМ)	Номер рабочего места (в проекте по модулю ячейки 23, 24 и 25 можно условно заполнить знаками «XX»)
26	А (Опер)	Номер операции в последовательности изготовления детали. Рекомендуются следующие обозначения: 005, 010, 015 и т. д.
27	М02 (Код)	Код материала (в ячейке нужно поставить прочерк)
28	М02 (ЕВ)	Код единицы измерения массы заготовки («кг» — 166, «г» — 163, «т» — 168)
29	М02 (МД)	Масса детали по конструкторскому документу.
30	М02, Б (ЕН)	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени (например, 1, 10 или 100)
31	М02 (Н _{расх})	Норма расхода материала
32	М02 (КИМ)	Коэффициент использования материала
33	М02	Код заготовки по классификатору (можно указывать вид заготовки: прокат, отливка, поковка, штамповка)
34	М01	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта и технических условий. Запись производится в одну строку с разделителем «/». Круг В25 ГОСТ 2590–71/Сталь 45 ГОСТ1050–88
35	М02	Обозначение профиля и размера заготовки. Нужно указывать толщину, ширину и длину или сторону квадрата, или диаметр и длину (20×50×90)
36	М02 (КД)	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	М02 (МЗ)	Масса заготовки, кг

[illegible]

Рис. 1.15. Маршрутная карта технологической операции

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже. Например, токарная, сверлильная, фрезерно-отрезная, агрегатная, шлифовальная и т. д.

14.2. Оформление операционной карты

Структура построения этого документа идентична структуре маршрутной карты. Запись информации производится построчно с привязкой к соответствующим служебным символам.

Указание единиц измерения величин следует выполнять в заголовках соответствующих ячеек. Единицы измерения технологических режимов можно указывать после их числовых значений. Например, 3 мм; 0,5 мм/об; 100 мм/мин.

Указание технологических режимов необходимо выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

При указании данных по оснастке информацию в строку с обозначением “Т” следует вводить в следующем порядке: 1) приспособление, 2) вспомогательный инструмент, 3) режущий инструмент, 4) контрольный инструмент.

В целях разделения информации по группам оснастки и ее удобного поиска допускается перед указанием соответствующего средства применять следующие условные обозначения:

«ПР» — для приспособления; «ВИ» — для вспомогательного инструмента; «РИ» — для режущего инструмента; «СИ» — для средств измерений. Например, СИ. АВСХХХ. Пробка О24Н7-пр.

При описании содержания перехода в строке с обозначением «О» необходимо дополнительно указывать данные по T_o и T_v . Эти нормы времени записываются в двух последних ячейках строки «О». При записи вспомогательного перехода указывается только параметр T_v , помещаемый в последнюю ячейку соответствующей строки.

Большинство ячеек операционной карты дублируют информацию из маршрутной карты. Данные же по дополнительным ячейкам следует вносить, руководствуясь рис. 1.16 и табл. 1.46.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Дубль									
Взам.									
Подп.									
Разработ				151001 703215 012					
Проверил									
Принял									
Утвердил									
№ контр.									
Наименование операции	Урфу								
Токарная черновая	Сталь 45 ГОСТ 1050-88			Твердость	ВВ	Мд	Профиль и размеры		КОИД
				НРС 36.62	60	0,72	Ф35 x 250		1,25
Оборудование, ус-во ЧПУ	Обозначение программы			То	Тв	Тпз	Тшт		ГОЖ
Токарно-винторезный 16К20				3,22	2,01	24	6,25		Змультсия XXX
Р	Пу			Д или В	L	t	i	S	п
0 01				мм	мм	мм	мм	мм/об	об/мин
0 02	1. Установить и закрепить заготовку								1,65
Т 03	396110 xxxx патрон поводковый; 392841 xxxx центр вращающийся								
0 04	2. Точить поверхность 2 согласно эскизу								
Т 05	xxxxxx xxxx державка наружная; 392101 xxxx резец проходной ВК6; 393311 xxxx калибр-скоба								1,12
Р 06				32	40	1,5	1	0,5	1000
0 07	3. Точить фаску 4								0,54
Т 08	xxxxxx xxxx державка наружная; 392110 xxxx резец подрезной Р6М5; xxxxxx xxxx шаблон								0,08
Р 09				25	2	2	1	0,45	700
0 10	4. Расточить поверхность 5								156
Т 11	xxxxxx xxxx державка внутренняя; 392101 xxxx резец расточной ВК6; 393311 xxxx калибр-пробка								0,16
0 12				20	15	1,5	1	1,2	700
ОК									190

12

13

11

14

15

Рис. 1.16. Операционная карта технологической операции

Таблица 1.46

Информация, вносимая в ячейки операционной карты

Номер ячейки	Условное обозначение	Содержание информации
1	—	Ячейка для записи содержания перехода, оснастки и инструмента
2	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки для станков с ЧПУ
3	T_o	Норма основного времени на операцию, в мин
4	Д или В	Расчетный размер обрабатываемой поверхности (диаметр или ширина) с учетом величин врезания и перебега
5	T_v	Норма вспомогательного времени, в мин
6	L	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величин врезания и перебега
7	t	Глубина резания, в мм
8	i	Число рабочих ходов
9	S	Подача
10	n	Частота вращения шпинделя, в об/мин
11	V	Скорость резания, в м/мин
12	—	Номер операции
13	СОЖ	Марка применяемой смазочно-охлаждающей жидкости
14	—	Основное время на выполнение перехода
15	—	Вспомогательное время на выполнение перехода

Существуют полная и сокращенная формы записи содержания перехода. Первая из них используется при необходимости перечисления всех выдерживаемых размеров. Вторая применяется при ссылке на условное обозначение конструктивного элемента в карте эскизов. При этом для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с предельными отклонениями и при необходимости шероховатость обработанной поверхности. Переходы необходимо нумеровать арабскими цифрами 1, 2, ...

В общем случае в содержание перехода необходимо включать следующие данные:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки и выраженное глаголом в неопределенной форме (точить, сверлить, зенкеровать, протянуть, фрезеровать, нарезать и т. д.);

2) наименование обрабатываемой поверхности в форме существительного в винительном падеже; например, «поверхность», «отверстие», «фаску», «заготовку» и т. д.;

3) информацию о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, представленных на операционных эскизах арабскими цифрами, помещенными в окружности диаметром 6...8 мм;

4) дополнительную информацию, характеризующую количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, «предварительно», «однократно», «по копиру».

Содержание записей переходов может быть следующим:

а) точить поверхность 2 предварительно, выдерживая размер $D = 45_{-0,34}$ и $L = 100 \pm 0,2$;

б) расточить поверхность окончательно, выдерживая размеры 3 и 4 согласно эскизу.

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности желательно указывать только обозначениями на операционном эскизе.

14.3. Оформление карты эскизов

Карта эскизов — это основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы выполняются либо с соблюдением масштаба, либо без соблюдения, но с примерным сохранением пропорций.

При разработке технологической документации необходимо помнить, что сначала разрабатывается и полностью оформляется эскиз на карте эскизов, а после заполняется текстовая операционная карта.

На карте эскизов указывается следующая информация:

1. Заготовка в рабочем положении. При этом ее контур изображается в виде, в котором она получается в конце данной операции или установка. Если операция выполняется за несколько установов, то эскиз оформляется на каждый установ отдельно. В подобном случае каждому эскизу присваивается номер операции и через тире — номер вспомогательного перехода на перезакрепление заготовки. Например, 005—1, 005—2.

2. Поверхности, обрабатываемые на данной операции, выделяемые утолщенными черными линиями.

3. Условные обозначения опор, зажимов, установочных устройств, которые изображаются в соответствии с ГОСТ 3.1107–81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения.

4. Размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и шероховатости поверхности. При этом необходимо учитывать, что на эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются на данной операции. Проставлять размеры необходимо так, чтобы не появилась необходимость в пересчете номинальных значений и допусков на них, т. е. простановка размера должна учитывать способ его получения. Если поверхность получается за несколько переходов, то под эскизом допускается изображение таблицы с указанием параметров, выполняемых на каждом из переходов (номинал, точность, шероховатость). Если обрабатываемые поверхности на заготовке имеют одинаковую шероховатость, то допускается ее указать одним значком, помещенным в правый верхний угол карты эскизов.

5. Допуски формы и взаимного расположения поверхностей, если они обеспечиваются на данной операции. Это в основном относится к чистовым и отделочным операциям.

6. Режущий инструмент в учебных целях показывается по мере необходимости в конце рабочего хода. В случае, если он нарушает чтение эскиза, его можно изобразить отведенным от заготовки. Если поверхность обрабатывается последовательно несколькими инструментами (сверло, зенкер, развертка), то они показываются в отведенном положении и располагаются друг за другом в соответствии с ходом процесса обработки.

7. Номера обрабатываемых поверхностей или размеров, располагающиеся в окружностях диаметром 6...8 мм. Нумерацию желательно производить по ходу часовой стрелки в соответствии с нумерацией поверхностей на детали.

На рис. 1.17 представлен пример оформления карты эскизов. Все ячейки в этом графическом документе оформляются в соответствии с правилами оформления маршрутной карты.

Для большей наглядности представления графической информации при выполнении проекта по модулю и выпускной квалификационной работы необходимо оформить на листе формата А1 иллюстрации технологического процесса. На этих изображениях показывается все то же, что и на картах эскизов, и следующая дополнительная информация:

- Над каждой иллюстрацией указываются наименование операции и ее номер согласно маршрутной карте.

[illegible]

Рис. 1.17. Карта эскизов технологической операции

РАЗДЕЛ 2.

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Введение

В конструкторской части рассматривается последовательность проектирования установочно-зажимного приспособления.

Назначение приспособления:

1. Обеспечить строго определенное положение каждой детали партии запуска относительно режущего инструмента станка, на котором производится обработка заготовки.

2. Обеспечить неподвижность заготовки в процессе работы станка, исключив неблагоприятное воздействие всех сил, смещающих заготовку в процессе резания.

Основные нормативно-технические документы для проектирования приспособления:

- операционный эскиз для выбранной операции,
- операционный технологический процесс для этой операции,
- чертеж обрабатываемой детали,
- чертеж заготовки.

Работу по проектированию установочно-зажимного приспособления рекомендуется начать с поиска аналога проектируемого приспособления, так как создание, с одной стороны, сложной по конструкции, а с другой стороны, грамотного и работоспособного варианта приспособления невозможно без использования обширного предыдущего опыта проектирования приспособлений, отраженного в технической литературе.

К основным элементам приспособления относятся:

- установочные элементы,
- зажимное устройство,
- направляющие и ориентирующие элементы,
- прочие элементы,
- корпус приспособления.

Последовательность проектирования приспособления включает в себя следующие основные этапы:

- проектирование установочных элементов приспособления с последующим его точностным расчетом;

- проектирование зажимного устройства приспособления с последующим его силовым расчетом;
- проектирование прочих элементов приспособления;
- проектирование корпуса приспособления;
- оформление сборочного чертежа оснастки и спецификации;

1.

Выбор установочных элементов

Назначение установочных элементов заключается:

- в установке заготовки в приспособление;
- в лишении заготовки требуемого количества степеней свободы и для придания ей устойчивого равновесия.

Выбор конструкции установочных элементов зависит от формы базирующих поверхностей, обозначенных на операционном эскизе.

Для плоских базирующих поверхностей:

- опорные штыри;
- опорные пластины;
- специально спроектированные установочные элементы.

Для цилиндрических базирующих поверхностей:

- оправки для внутренних поверхностей;
- призмы и 3-кулачковые патроны для наружных поверхностей.

Все установочные элементы приспособлений стандартизованы, их конструкции и размеры представлены в технической и справочной литературе.

Расположение установочных элементов зависит от конкретной конструкции устанавливаемой заготовки.

При проектировании приспособления следует помнить, что заготовка не должна устанавливаться непосредственно на корпус приспособления. На соответствующих поверхностях корпуса приспособления обязательно должны находиться установочные элементы.

2.

Анализ обеспечения точности обработки

Решение по точностному расчету приспособления принимается на основе анализа операционного эскиза, представленного технологом, и чертежа детали.

Первый вариант. Конструкторская и технологическая базы на операционном эскизе и чертеже детали совпадают. Погрешность базирования ξ_6 заготовки будет равна нулю, погрешность установки заготовки в приспособление ξ_ϕ также равна нулю. Точностной расчет приспособления производить не нужно, точность обрабатываемого размера будет достигнута.

Второй вариант. Конструкторская и технологическая базы на операционном эскизе и чертеже детали не совпадают. Значит, при установке заготовки в приспособление возникает погрешность базирования. Следовательно, необходимо выполнить точностной расчет приспособления.

Точность обрабатываемого размера будет обеспечена, если

$$\xi_\phi \leq \xi_{\text{доп}} \quad (2.1)$$

где ξ_ϕ — фактическая погрешность установки заготовки в приспособление; $\xi_{\text{доп}}$ — допустимая погрешность установки заготовки в приспособление.

Фактическая погрешность определится из выражения

$$\xi_\phi = \sqrt{\xi_6^2 + \xi_3^2}, \quad (2.2)$$

где ξ_6 — погрешность базирования заготовки в приспособлении; ξ_3 — погрешность закрепления заготовки в приспособлении.

При этом ξ_3 можно принять равной нулю, если обработка заготовки производится на настроенном станке, а зажимные устройства, имеющие гидравлический или пневматический привод, обеспечивают постоянную силу зажима. В остальных случаях ξ_3 может быть рассчитана по зависимостям, приведенным в справочной литературе [2, 3].

Величина погрешности базирования при обработке плоской поверхности, расположение которой на чертеже обозначено размерной линией от плоской поверхности, зависит от расположения конструкторской и технологической баз при обработке.

При установке заготовок внутренними и наружными цилиндрическими поверхностями на оправки, установочные пальцы или в призмы расчет погрешностей базирования ξ_6 может быть произведен по зависимостям, приведенным в справочной литературе [5, 6, 10].

Величина допустимой погрешности установки заготовки в приспособление $\xi_{\text{доп}}$ может быть рассчитана по зависимости

$$\xi_{\text{доп}} \leq \sqrt{(T - \Delta_{\text{пр}})^2 - \tau^2}, \quad (2.3)$$

где T — величина допуска на выполняемый размер; $\Delta_{\text{пр}}$ — погрешности выполняемого размера заготовки, связанные с приспособлением; τ — погрешности выполняемого размера, связанные с методом обработки.

Величина τ может быть принята равной точности обработки на станке, для которого проектируется приспособление.

Значение $\Delta_{\text{пр}}$ определяется по следующей зависимости:

$$\Delta_{\text{пр}} = \Delta_{\text{пр1}} + \Delta_{\text{пр2}}, \quad (2.4)$$

где $\Delta_{\text{пр1}}$ — погрешность изготовления приспособления, которая может быть принята в 2–3 раза меньшей, чем допуск на выполняемый размер заготовки; $\Delta_{\text{пр2}}$ — погрешность установки приспособления на станке, зависящая от способа установки приспособления.

Пример точностного расчета приспособления

Вариант 1

На рис. 2.1 приведена одна из распространенных схем установки заготовки в приспособление. Обрабатываемый размер заготовки 55_{-0,2} мм. Цифрой 1 обозначена конструкторская база согласно чертежу обрабатываемой детали. Эта же поверхность является технологической базой согласно представленной схеме установки заготовки в приспособление. Таким образом, конструкторская и технологическая базы совпадают, погрешность базирования заготовки ξ_6 при обработке второй поверхности будет равна нулю. Погрешность закрепления

заготовки ξ_3 тоже будет равна нулю, так как ее обработка производится в механизированном приспособлении на настроенном станке. Отсюда фактическая погрешность установки заготовки в приспособление ξ_ϕ будет равна нулю, и, следовательно, точность обрабатываемого размера $55_{-0,2}$ мм в проектируемом приспособлении будет выдержана.

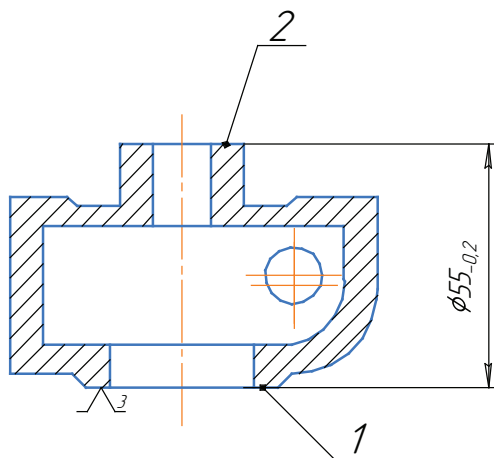


Рис. 2.1. Схема 1 установки заготовки в приспособление

Вариант 2

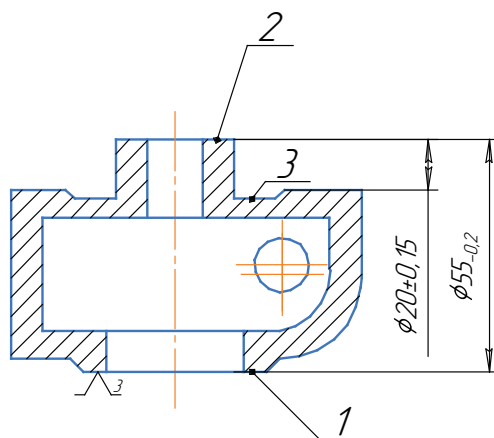


Рис. 2.2. Схема 2 установки заготовки в приспособление

На рис. 2.2 приведена вторая схема установки заготовки в приспособление, согласно которой расположение обрабатываемой поверх-

ности задано размером $20 \pm 0,15$ относительно третьей поверхности. Поверхность 3, относительно которой задан размер, является конструкторской базой. Технологической базой в данном случае является поверхность 1. При этом расстояние от поверхности 1 до поверхности 2 задано размером $55_{-0,2}$ мм. Таким образом, конструкторская и технологическая базы в данном случае не совпадают. Следовательно, необходимо проверить, будет ли выдержана заданная точность размера $20 \pm 0,15$.

Проверим основное неравенство $\xi_{\phi} \leq \xi_{\text{доп}}$.

Погрешность базирования ξ_6 равна допуску на размер $55_{-0,2}$, так как конструкторская и технологическая базы не совпадают. Погрешность закрепления ξ_3 в данном случае можно принять равной нулю, так как при зажиме заготовки используется механизированный привод. Отсюда следует, что $\xi_{\phi} = \xi_6 = 0,2$ мм. Так как $\xi_{\phi} > 0$, рассчитываем $\xi_{\text{доп}}$ по зависимости (2.3). При этом допуск T на выполняемый размер равняется 0,3 мм.

Согласно зависимости (2.4) определяем $\Delta_{\text{пр1}}$. В соответствии с операционным эскизом настройка станка производится на размер 35 мм. На эскизе обрабатываемой заготовки заданы размеры $20 \pm 0,15$ мм и высота заготовки $55_{-0,2}$ мм. Допуск на размер 35 мм определяется расчетом простой трехзвенной размерной цепи методом на максимум-минимум. Допуск на этот размер составит 0,1 мм. Погрешность изготовления приспособления $\Delta_{\text{пр1}}$, согласно изложенному выше материалу, принимаем равной 1/3 допуска на размер 35. Таким образом, $\Delta_{\text{пр1}}$ равна 0,03 мм.

Погрешность установки приспособления на станке $\Delta_{\text{пр2}} = 0$, так как приспособление своим основанием устанавливается на поверхность стола и закрепляется на ней. Тогда $\Delta_{\text{пр}} = 0,03$ мм.

Определяем значение погрешности выполняемого размера, связанной с методом обработки. Заготовка в размер $20 \pm 0,15$ обрабатывается на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой. Значение τ определяем из норм точности консольно-фрезерных станков по ГОСТ 17734—88 «Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости». Можно выбрать станок нормального класса точности Н. Согласно стандарту, допуск на параллельность рабочей поверхности стола направлению его поперечного перемещения при длине перемещения до 250 мм равен 20 мкм. Принимаем τ равным 20 мкм. Далее рассчитываем $\xi_{\text{доп}}$, используя зависимость (5.3):

$$\xi_{\text{доп}} = \sqrt{(0,3 - 0,03)^2 - 0,02^2} = 0,329 \text{ мм.}$$

Основное неравенство $\xi_{\text{ф}} \leq \xi_{\text{доп}}$ соблюдается. Значит, обрабатываемый размер 20 мм с точностью $20 \pm 0,15$ мм будет обеспечен в процессе обработки по данной схеме.

3.

Проектирование зажимных устройств

Зажимное устройство приспособления состоит из комбинированного зажима и привода приспособления.

Зажим заготовки должен обеспечить ее неподвижность в процессе обработки.

Главным условием выбора привода приспособления является силовой расчет приспособления.

Силовой расчет приспособления производится в три этапа.

Первый этап связан с определением необходимой силы зажима заготовки W .

Второй этап связан с расчетом комбинированного зажима и определением силы Q на штоке привода приспособления.

Третий этап связан с расчетом и выбором механизированного привода приспособления.

На рис. 2.3 представлена конструкция зажимного устройства для торцового фрезерования поверхности 1 заготовки корпуса (*операция 005 — вертикально-фрезерная*). Оно состоит из комбинированного зажима (шарнирно-рычажного механизма двухстороннего действия и двух рычагов) и привода приспособления.

При выборе комбинированного зажима установочно-зажимного приспособления обычно ориентируются на выбранный аналог приспособления или аналог зажимного устройства. Конструкции различных вариантов зажимных устройств имеются в справочной и технической литературе по проектированию установочно-зажимных приспособлений [6, 7, 9, 10].

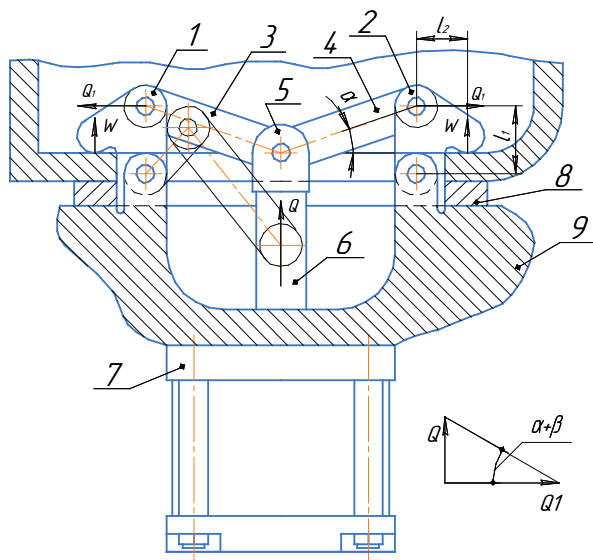


Рис. 2.3. Зажимное устройство приспособления

При проектировании приспособления сначала на чертеж наносятся элементы зажимного устройства, непосредственно соприкасающиеся с поверхностью заготовки. В нашем случае это рычаги 1 и 2. Они называются элементарными зажимами и располагаются на поверхностях заготовки, свободных от установочных элементов. Затем проектируется комбинированный зажим, состоящий из нескольких простых зажимов. На представленном рисунке это серьги 3 и 4 и вилка 5 со штоком привода 6.

4.

Силовой расчет приспособления

Силовой расчет приспособления рассматривается на примерах обработки заготовок на фрезерной и расточной операциях при установке заготовки в 3-кулачковом патроне и при обработке отверстий в корпусе на вертикально-сверлильном станке.

4.1. Первый этап расчета

Пример 1. Расчет силы зажима W при торцовом фрезеровании бобышки корпуса (операция 005 технологического процесса обработки корпуса).

Определение силы зажима заготовки в приспособлении производится в следующей последовательности:

- составляется расчетная схема для определения W ;
- по этой схеме составляются уравнения равновесия заготовки;
- определяются силы зажима W для расчета силового устройства.

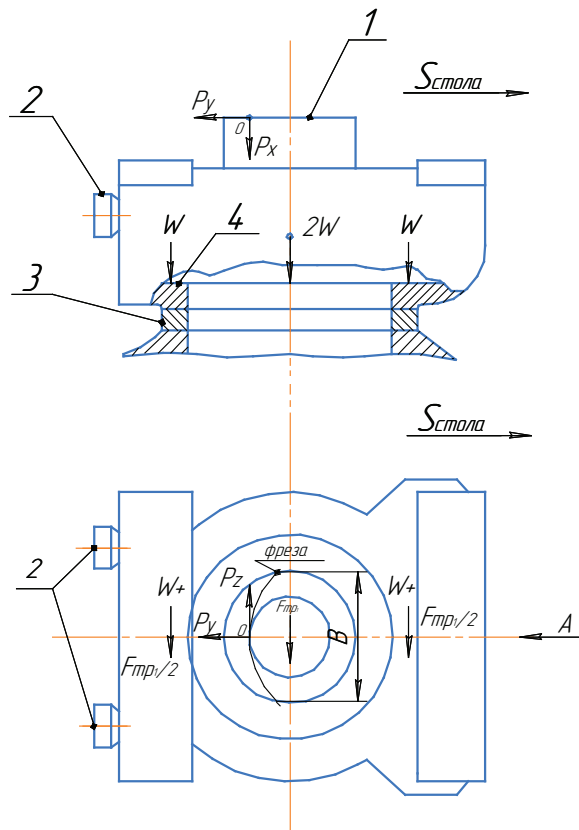


Рис. 2.4. Расчетная схема для определения силы зажима W

На рис. 2.4 и 2.5 приведена расчетная схема для определения силы зажима при торцовом фрезеровании первой поверхности заготовки

корпуса, технологический процесс обработки которого представлен в разд. 1.

Основные правила составления расчетной схемы

1. Вычерчивается заготовка в необходимом для расчета силы зажима W количестве проекций. Как правило, главный вид заготовки изображается со стороны рабочего, обслуживающего станок.

В рассматриваемом примере для определения необходимой силы зажима заготовки нужны все три проекции детали.

2. Обозначаются установочные элементы приспособления, которые видны на этих проекциях, в точном соответствии с их расположением в приспособлении. На рис. 2.4 и 2.5 это опоры 2 и опорное кольцо 3.

3. Обозначается режущий инструмент. Его расположение осуществляется для наиболее неблагоприятного, с точки зрения величины силы резания, положения. Например, когда при полном врезании инструмента ширина обработки B становится максимальной или сила резания действует на наибольшем плече.

На приведенной расчетной схеме (рис. 2.4) наиболее неблагоприятным будет положение фрезы, когда ширина обработки B становится максимальной.

4. Обозначаются точки и направление приложения всех сил, действующих на заготовку в процессе резания.

В этом случае на заготовку в процессе резания действуют две группы сил:

- первая группа — это силы резания и масса заготовки (масса заготовки учитывается только в тех случаях, если она соизмерима с величиной силы резания и если заготовка устанавливается на вертикальной стенке приспособления). Эти силы стремятся сместить заготовку в процессе резания;
- вторая группа — это силы зажима, силы трения и силы реакции опор. Эти силы удерживают заготовку от смещения в процессе резания.

Заготовка не будет смещаться, если будет достигнуто равновесие всех действующих на заготовку сил.

На рис. 2.4 (вид сверху) показано положение фрезы (след фрезерования) при максимальной ширине фрезерования B . В точке O следа фрезы показано расположение составляющих силы резания P_z и P_y

при торцовом фрезеровании при вращении фрезы по часовой стрелке. На главном виде этого рисунка в точке O показано расположение составляющих силы резания P_x и P_y .

На обоих видах рис. 2.4 показаны точки приложения и направления действия сил зажима W .

Далее необходимо провести анализ расчетной схемы.

На главном виде составляющая силы резания P_x действует на опорное кольцо 3 приспособления. Смещения заготовки в направлении действия составляющей силы P_x в процессе резания не произойдет. Составляющая силы резания P_y также действует на установочный элемент (основные опоры 2). Смещения заготовки в этом направлении также не произойдет.

На виде сверху составляющая силы резания P_z стремится сместить заготовку. Ее удерживают в равновесии две силы трения $F_{тр1}/2$, возникающие между элементами 1 и 2 зажимного устройства приспособления (рис. 2.3) и поверхностью 4 заготовки (рис. 2.4). Далее составляется уравнение равновесия, определяющее условие предотвращения смещения заготовки под действием составляющей силы резания P_z :

$$K \cdot P_z = F_{тр1}, \quad (2.5)$$

где K — коэффициент надежности закрепления заготовки.

В общем случае $K = 1,5 \dots 2,5$. Более конкретные рекомендации для выбора этого коэффициента имеются в литературе [10]. Составляющая силы резания при фрезеровании P_z может быть определена по зависимостям, приведенным в литературе [1, 3, 8].

В данном случае ее величину можно определить по формуле

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{мп}. \quad (2.6)$$

Все составляющие формулы подставляются в соответствии с выбранными параметрами торцового фрезерования в операции 005 и по таблицам справочной литературы [1, 3, 8].

Сила трения определяется по зависимости

$$F_{тр1} = 2 \cdot W_1 \cdot f_1, \quad (2.7)$$

где f_1 — коэффициент трения между зажимным элементом приспособления и поверхностью заготовки.

Значение f_1 может быть выбрано в соответствии с рекомендациями, приведенными в литературе [10].

Таким образом, уравнение равновесия заготовки в процессе обработки имеет вид

$$K \cdot P_z = 2 \cdot W_1 \cdot f_1. \quad (2.8)$$

Из зависимости (2.8) следует выражение для определения W_1 :

$$W_1 = \frac{K P_z}{2 f_1}. \quad (2.9)$$

Все составляющие силы резания подставляются в полученные зависимости в ньютонах, все силы зажима также определяются в ньютонах.

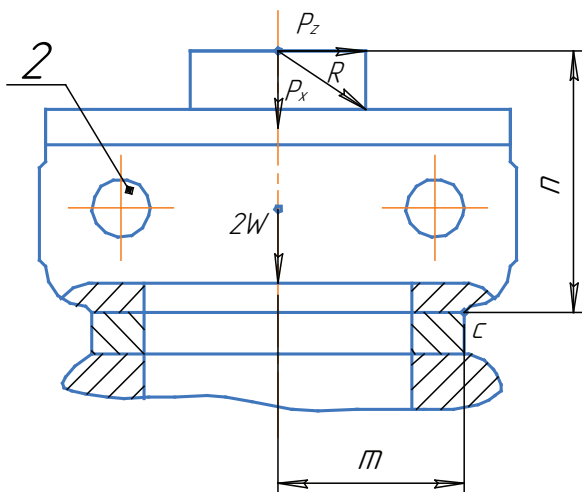


Рис. 2.5. Расчетная схема для определения силы зажима заготовки W (вид по стрелке А, см. рис. 2.4)

На рис. 2.5 представлена расчетная схема для определения силы зажима заготовки W (вид по стрелке А). Анализ схемы показывает следующее. Составляющая силы резания P_z смещает заготовку в процессе резания. Расчет силы зажима, предотвращающий смещение заготовки, выполнен выше.

Равнодействующая составляющих силы резания P_z и P_x стремится развернуть (опрокинуть) заготовку относительно точки С. Точки или линии, относительно которых может произойти разворот заготовки, являются общими для базирующих поверхностей заготовки и базирую-

ющих поверхностей установочных элементов приспособления. Далее составляется уравнение моментов относительно точки C , определяющее условие предотвращения опрокидывания заготовки в процессе резания:

$$K \cdot P_z \cdot n - K \cdot P_x \cdot m - 2 \cdot W_2 \cdot m = 0, \quad (2.10)$$

где m и n — плечи, на которых действуют силы W_2 , P_x и P_z .

Из зависимости (2.10) следует

$$W_2 = \frac{K(P_z n - P_x m)}{2m}. \quad (2.11)$$

Значение составляющей силы резания P_x может быть определено из таблицы относительных значений, составляющих силы резания при фрезеровании [1,3,8]. Для дальнейших расчетов выбирается большее из двух значений силы зажима W_1 и W_2 .

Пример 2. Производится черновое и чистовое растачивание отверстия корпуса подшипника (рис. 2.6) на расточном станке. Заготовка установлена на две опорные пластины 2 и два установочных пальца — цилиндрический 3 и срезанный 4. Значит, она лишена шести степеней свободы. При этом зажим осуществляется двумя прихватами с силой W .

Изначально необходимо определить силу зажима заготовки W в приспособлении. Если обработка отверстия производится за несколько проходов, то расчет W должен производиться для предварительного растачивания отверстия.

Из анализа расчетной схемы следует, что точка O приложения составляющих силы резания выбрана исходя из того, что именно в этом положении силы резания P_x и P_y создают наибольший момент опрокидывания заготовки относительно точки A (точка A — это проекция общей для базирующей поверхности заготовки и установочной поверхности опорных пластин линии, относительно которой может произойти опрокидывание заготовки). Согласно расчетной схеме (главный вид) составляющая силы резания P_x в процессе резания может сместить заготовку влево. Смещению заготовки будут препятствовать установочные пальцы. Но их необходимо разгрузить от действия внешних сил, поэтому во всех расчетах силы зажима эти элементы не следует принимать во внимание.

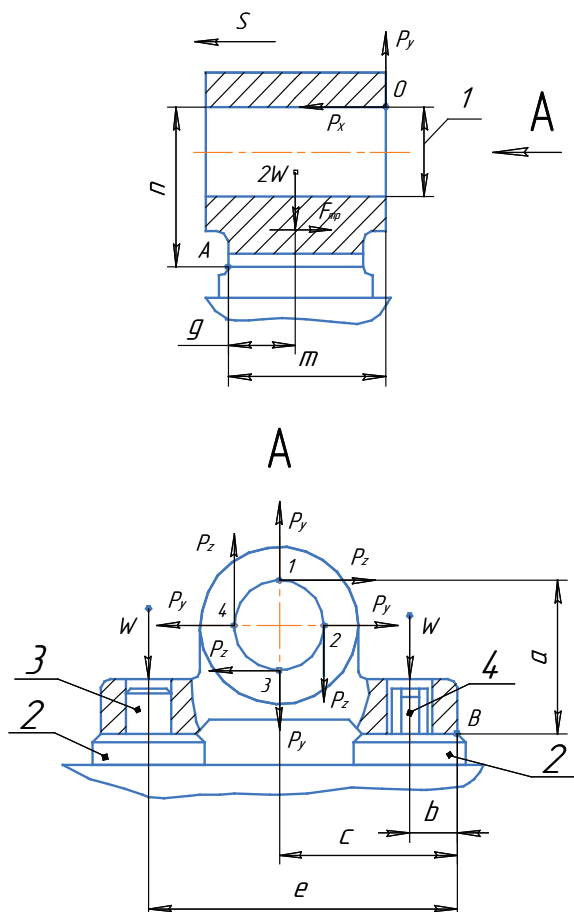


Рис. 2.6. Расчетная схема для определения силы зажима W

Уравнение равновесия сил для предотвращения смещения заготовки имеет вид

$$K \cdot P_x = F_{тр1}, \quad (2.12)$$

где K — коэффициент надежности закрепления заготовки.

В этом случае $F_{тр1}$ определится по зависимости (2.7) и уравнение для определения усилия зажима будет следующим:

$$W_1 = \frac{K P_x}{2 f_1}, \quad (2.13)$$

где W_1 — сила зажима заготовки для предотвращения ее смещения от действия усилия P_x ; f_1 — коэффициент трения между поверхностью зажимного элемента и поверхностью заготовки.

Рекомендации по выбору K и f имеются в литературе [5, 10].

Составляющая силы резания P_y смещает заготовку вверх. Следовательно, уравнение равновесия сил для этого направления будет иметь вид

$$K \cdot P_y = 2 \cdot W_2. \quad (2.14)$$

Откуда следует зависимость для определения усилия зажима W_2 :

$$W_2 = \frac{K P_y}{2}. \quad (2.15)$$

Уравнение равновесия моментов для предотвращения опрокидывания заготовки относительно точки O под действием составляющих силы резания P_x и P_y будет следующего вида:

$$K \cdot P_x \cdot n + K \cdot P_y \cdot m - 2 \cdot W_3 \cdot g = 0. \quad (2.16)$$

Откуда следует зависимость для определения усилия зажима W_3 :

$$W_3 = \frac{K(P_x n + P_y m)}{2g}. \quad (2.17)$$

Из анализа расчетной схемы (вид по стрелке A) следует, что на расчетной схеме показано четыре положения точки приложения O составляющих силы резания P_y и P_z .

Составляющая силы резания P_y в положениях 2 и 4 смещает заготовку вправо или влево, составляющая силы резания P_z в положениях 1 и 3 тоже смещает заготовку вправо или влево, эта же составляющая в положении 4 смещает заготовку вверх. Уравнения равновесия для этих ситуаций будут следующими:

- для положения 2 и 4 $K \cdot P_y = F_{\text{тр}4}$, а $F_{\text{тр}4} = 2 \cdot W_4 \cdot f_4$. Исходя из этих зависимостей:

$$W_4 = \frac{K P_y}{2 f_4}; \quad (2.18)$$

- для положения 1 и 3 $K \cdot P_z = F_{\text{тр}5}$, а $F_{\text{тр}5} = 2 \cdot W_5 \cdot f_5$. Исходя из этих зависимостей:

$$W_5 = \frac{K P_z}{2 f_5}; \quad (2.19)$$

- для положения 4 $K P_z = 2 \cdot W_6$. Исходя из этой зависимости

$$W_6 = \frac{K P_z}{2}. \quad (2.20)$$

Рассчитав числовые значения по (2.13), (2.15), (2.17), (2.18), (2.19) и (2.20), нужно выбрать то, в котором значение силы зажима W получается наибольшим.

На расчетной схеме (вид по стрелке A) видно, что наибольший опрокидывающий момент создают составляющие силы резания P_y и P_z в положении 1 (плечи действия этих сил в этом положении точки приложения силы резания O наибольшие). Уравнение моментов для предотвращения опрокидывания заготовки относительно точки B

$$K \cdot P_z \cdot a + K \cdot P_y \cdot c - W_7 \cdot b - W_7 \cdot e = 0. \quad (2.21)$$

Из уравнения (2.21) следует

$$W_7 = \frac{K(P_z a + P_y c)}{b + e}. \quad (2.22)$$

Из рассчитанных значений силы зажима заготовки W для дальнейших расчетов нужно принять наибольшее значение.

Пример 3. Производится обработка заготовки на токарно-револьверном станке резцом 1 и сверлом 2 (рис. 2.7).

На этапе силового расчета определяются силы зажима заготовки в токарном патроне при одновременной работе резца и сверла.

На рис. 2.7 приведена расчетная схема для определения силы зажима заготовки в токарном патроне.

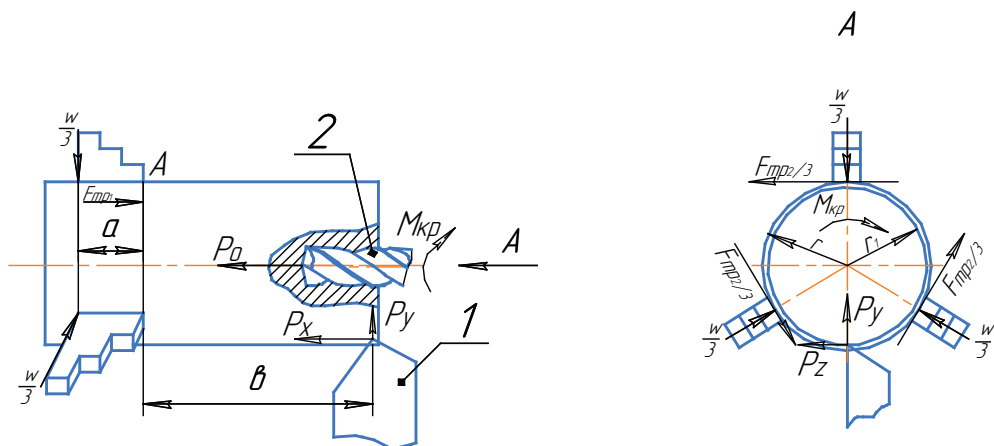


Рис. 2.7. Расчетная схема для определения силы зажима W при установке заготовки в токарном патроне

Анализ расчетной схемы (главный вид)

Рассматриваем вероятность смещения заготовки в процессе резания. Составляющие силы резания P_x при обтачивании и осевая сила P_o при сверлении могут сместить заготовку вправо. Заготовка удерживается в равновесии силами трения между каждым кулачком и поверхностью заготовки $F_{тр1}/3$. Таким образом, уравнение равновесия сил для всех трех кулачков (на патрон) будет иметь вид

$$K(P_x + P_o) = W_1 \cdot f_1, \quad (2.23)$$

где K — коэффициент надежности закрепления; f_1 — коэффициент трения между кулачками и поверхностью заготовки [5, 10].

Из зависимости (2.23) следует

$$W_1 = \frac{K(P_x + P_o)}{f_1}. \quad (2.24)$$

Из анализа расчетной схемы (вид по стрелке А) следует, что под действием крутящего момента, возникающего на сверле, заготовка будет стремиться повернуться в кулачках по часовой стрелке. Поворот заготовки в этом же направлении может также произойти под действием момента резания, возникающего под действием составляющей силы резания P_z . При этом удерживают заготовку силы трения между каждым кулачком и поверхностью заготовки $F_{тр2}/3$. Уравнение равновесия моментов будет иметь вид

$$K(M_{кр} + P_z \cdot r_1) = W_2 \cdot f_2 \cdot r \quad (2.25)$$

Из зависимости (2.25) следует

$$W_2 = \frac{K(M_{кр} + P_z r_1)}{r f_2}. \quad (2.26)$$

Анализ расчетной схемы (главный вид и вид по стрелке А)

В процессе обработки может произойти разворот (выворот) заготовки относительно точки А под действием составляющих силы резания P_x и P_y от резца, а также осевой силы P_o от сверла.

Уравнение равновесия моментов будет иметь вид

$$K \cdot R \cdot L - K \cdot P_o \cdot r = W_3 \cdot a, \quad (2.27)$$

где $R \cdot L$ — изгибающий момент; R — равнодействующая сил резания P_y и P_z ; L — плечо, на котором действует изгибающий момент.

При этом величина R определяется из уравнения

$$R = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}; \quad (2.28)$$

Окончательно уравнение равновесия моментов будет иметь вид

$$K \sqrt{P_y^2 + P_z^2} L - K P_o r = W_3 a. \quad (2.29)$$

Из зависимости (2.29) следует

$$W_3 = \frac{K \sqrt{P_y^2 + P_z^2} L - K P_o r}{a}. \quad (2.30)$$

Числовые значения составляющих силы резания при точении P_x , P_y , P_z , осевой силы P_o , крутящего момента $M_{кр}$ при сверлении рассчитываются по зависимостям, приведенным в справочной литературе [1, 3, 10].

Из полученных трех значений силы зажима заготовки в токарном патроне W для дальнейших расчетов нужно выбрать наибольшее значение.

Пример 4. Производится обработка отверстия в корпусе подшипника на вертикально-сверлильном станке.

На этапе силового расчета определяются силы зажима заготовки в установочно-зажимном приспособлении.

На рис. 2.8 приведена расчетная схема для определения силы зажима W заготовки в кондукторе этого приспособления.

При сверлении отверстия на заготовку действует осевая сила P_o и крутящий момент при сверлении $M_{кр}$. Усилие P_o прижимает заготовку к установочным элементам в виде опорных пластин 1 и 2. $M_{кр}$ разворачивает заготовку относительно точки O , которая является проекцией линии, общей для опорной пластины 3 приспособления и боковой поверхности заготовки.

Уравнение равновесия моментов относительно точки O имеет вид

$$\frac{M_{кр}}{r_{св}} \cdot m - W \cdot a - F_{тр} \cdot b - F_{тр1} \cdot c - F_{тр2} \cdot e = 0, \quad (2.31)$$

где $M_{кр}$ — крутящий момент при сверлении; $r_{св}$ — радиус сверла; W — сила зажима заготовки; $F_{тр}$ — сила трения между заготовкой ижимым элементом приспособления; $F_{тр1}$ — сила трения между заготовкой и опорной пластиной 1; $F_{тр2}$ — сила трения между заготовкой и опорной пластиной 2; a, b, c, e, m — плечи сил, обозначенные на расчетной схеме, которые определяются по чертежу приспособления.

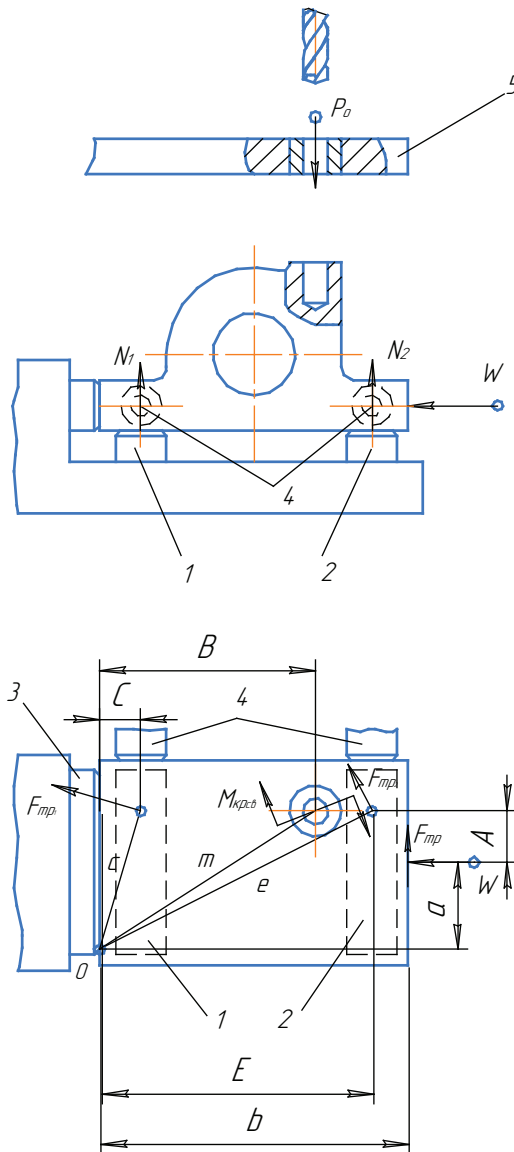


Рис. 2.8. Расчетная схема для определения силы зажима W

Значения c и e согласно расчетной схеме можно определить из следующих выражений:

$$c = \sqrt{(A+a)^2 + C^2}; \quad (2.32)$$

$$e = \sqrt{(A+a)^2 + E^2}. \quad (2.33)$$

Числовое значение крутящего момента определяется по зависимости $M_{кр} = 10C_m D^q s^y K_p$, которая приводится в справочной литературе [1, 3, 8]. Силу трения, действующую в месте контакта зажимного элемента с заготовкой, находят по выражению

$$F_{тр} = W \cdot f, \quad (2.34)$$

где W — сила зажима заготовки; f — коэффициент трения между зажимным элементом и заготовкой.

Рекомендации по выбору f имеются в литературе [10].

Сила трения на левой опорной пластине определится как

$$F_{тр1} = N_1 \cdot f_1, \quad (2.35)$$

где N_1 — реакция опоры 1; f_1 — коэффициент трения между пластиной I и заготовкой.

Величину N_1 устанавливают из условия равновесия балки, лежащей на двух опорах, по выражению

$$N_1 = P_o \frac{E - B}{E - C}, \quad (2.36)$$

где P_o — осевая сила при сверлении, определяемая из источника [1]; B, C, E — расстояния между точками приложения реакций опор, которые определяются из расчетной схемы и чертежа приспособления.

Сила трения на правой опорной пластине

$$F_{тр2} = N_2 \cdot f_2, \quad (2.37)$$

где N_2 — реакция опоры 2. Определяется из условия равновесия балки, лежащей на двух опорах, по выражению

$$N_2 = P_o \frac{B - C}{E - C}. \quad (2.38)$$

Уравнение равновесия моментов сил решается относительно W :

$$W = \frac{F_{тр} b + F_{тр1} c + F_{тр2} e - \frac{M_{кр}}{r_{св}} m}{a}. \quad (2.39)$$

Пример 5. Производится обработка четырех отверстий в основании корпуса подшипника на радиально-сверлильном станке.

На рис. 2.9 приведена расчетная схема для определения силы зажима заготовки в кондукторе при обработке этих поверхностей.

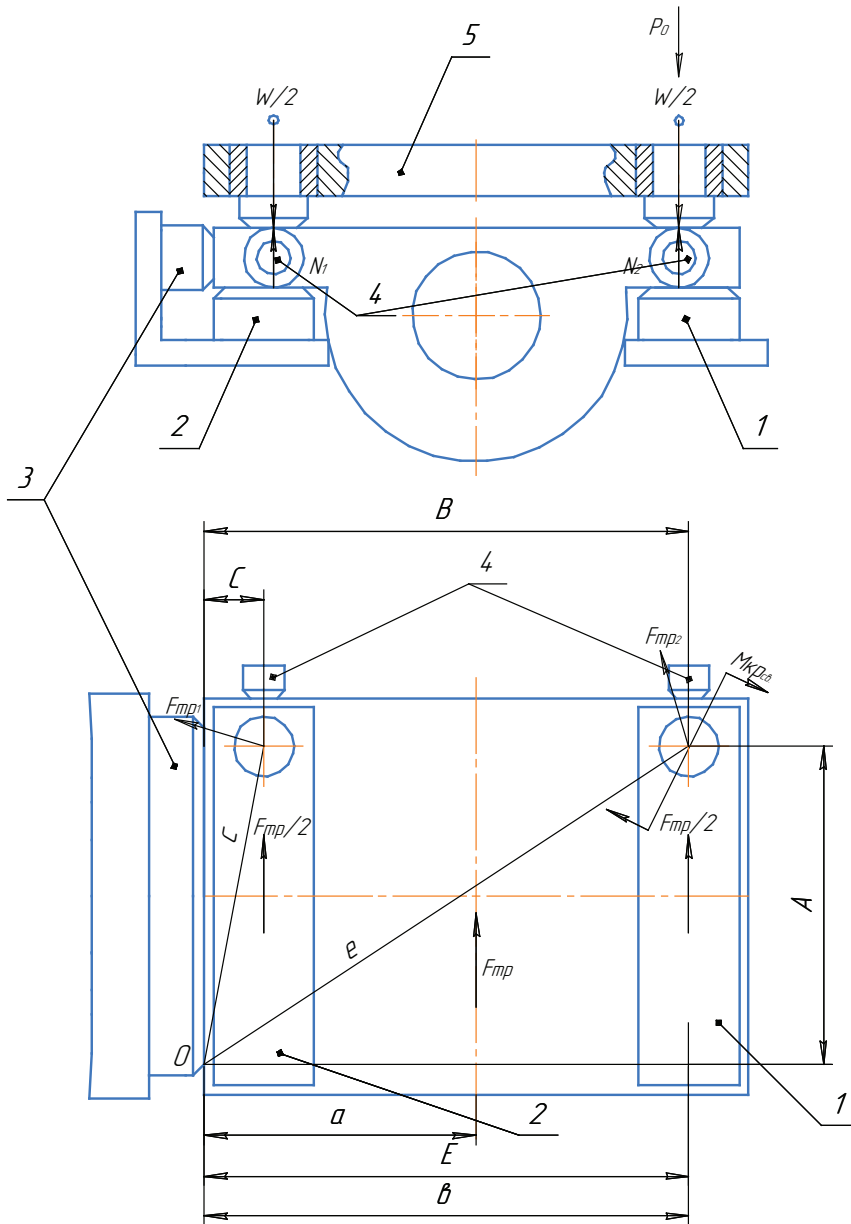


Рис. 2.9. Расчетная схема для определения силы зажима

На заготовку так же, как и в предыдущем примере, действуют осевая сила P_o и крутящий момент при сверлении $M_{кр}$.

Их числовые значения могут быть определены по зависимостям из справочной литературы [1, 3, 8].

Под действием крутящего момента $M_{кр}$ при сверлении заготовка стремится развернуться относительно точки O (вид сверху).

Уравнение равновесия моментов относительно точки O имеет следующий вид:

$$\frac{M_{кр}}{r_{св}}e - F_{тр}a - F_{тр1}c - F_{тр2}e = 0. \quad (2.40)$$

Параметры, образующие зависимость (2.40), по своему функциональному назначению соответствуют значениям из выражения (2.39).

Опорные реакции N_1 и N_2 выводят по следующим зависимостям, используя значения плеч сил расчетной схемы или чертежа приспособления:

$$N_1 = P_o \frac{B - C}{E - C}, \quad (2.41)$$

$$N_2 = P_o \frac{E - B}{E - C}. \quad (2.42)$$

Плечи c и e на расчетной схеме можно определить из следующих уравнений:

$$c = \sqrt{A^2 + C^2}, \quad (2.43)$$

$$e = \sqrt{A^2 + E^2}. \quad (2.44)$$

Уравнение равновесия моментов решается относительно W :

$$W = \frac{\frac{M_{кр}}{r_{св}}e - F_{тр1}c - F_{тр2}e}{fa}. \quad (2.45)$$

4.2. Второй этап расчета

Этап заключается в силовом расчете комбинированного зажима.

На рис. 2.10 представлена расчетная схема для определения силы Q на штоке пневмопривода или гидропривода.

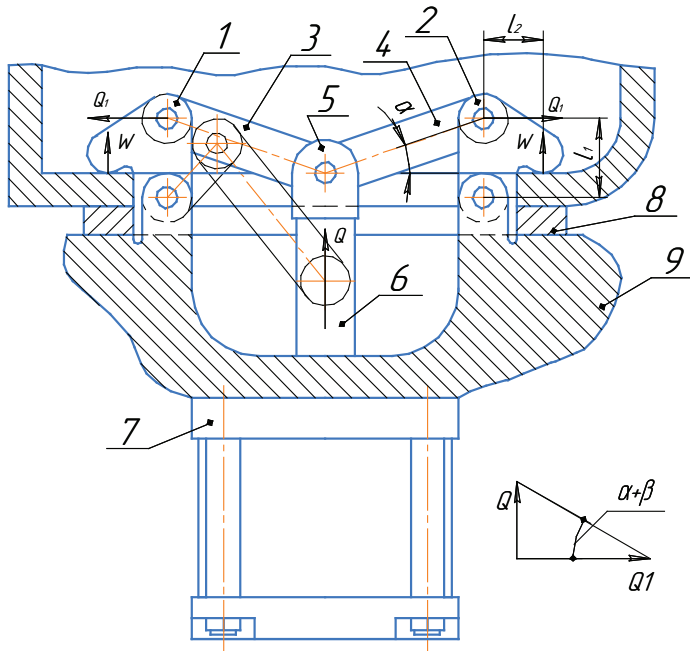


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения силы Q на штоке пневмоцилиндра или гидроцилиндра

Зажимное устройство состоит из рычагов 1 и 2 , серег 3 и 4 , вилки 5 , соединенной со штоком 6 пневмоцилиндра или гидроцилиндра 7 . Заготовка в приспособление установлена на установочный элемент кольцевой формы 8 ; 9 — это корпус приспособления. При движении штока привода вверх осуществляется зажим заготовки рычагами 1 и 2 . При обратном ходе штока перемещение серег 3 и 4 вниз вызывает поворот рычагов 1 и 2 до полного их выхода в отверстие заготовки 9 (в левой части схемы показано положение серьги 3 и рычага 1 в этом положении). Это позволяет беспрепятственно снять заготовку с установочных элементов приспособления.

Рычаги 1 и 2 , серьги 3 и 4 , вилка 5 и шток 6 называются комбинированным зажимом. Расчет комбинированного зажима начинается, как это указывалось выше, с расчета элементарного зажима (зажимного элемента приспособления, непосредственно соприкасающегося с поверхностью заготовки). В данном случае это рычаги 1 и 2 .

Из условия статического равновесия рычага 1 можно записать

$$Q_1 \cdot l_1 = W \cdot l_2, \quad (2.46)$$

где W — вычисленная на первом этапе силового расчета сила зажима заготовки; Q_1 — сила, необходимая для перемещения рычага для зажима заготовки; l_1 и l_2 — плечи, на которых действуют эти силы при развороте рычага.

Усилие зажима W в расчетной схеме направлено вверх, так как равновесие рычага поддерживает нормальная реакция на поверхности заготовки, численно равная силе зажима W .

Значение Q_1 определяется из зависимости

$$Q_1 = W \frac{l_1}{l_2 \eta}, \quad (2.47)$$

где η — коэффициент потерь на трение в шарнирах.

Значение силы на штоке привода Q рассчитывается из силового треугольника, показанного на рис. 2.10.

В формализованном виде эта зависимость будет следующей:

$$Q = 2 \cdot Q_1 \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \beta), \quad (2.48)$$

где α — угол наклона серег 3 и 4 в зажатом состоянии механизма;

β — дополнительный угол, учитывающий потери на трение на осях механизма. Его величина обычно составляет 5...6°.

При проектировании и расчете комбинированного зажима необходимо учесть, что он должен образовывать механизм-усилитель, т. е. должно соблюдаться условие

$$Q \leq W. \quad (2.49)$$

4.3. Расчет и выбор привода

Уравнение, определяющее выбор механизированного привода приспособления для цилиндров одностороннего действия, следующее:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q, \quad (2.50)$$

а для цилиндров двустороннего действия

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad (2.51)$$

где Q — рассчитанная на втором этапе сила на штоке привода приспособления; D — диаметр поршня пневмо — или гидроцилиндра; p — давление в рабочей полости цилиндра; q — сопротивление возвратной пружины для цилиндров одностороннего действия; η — коэффициент потерь (его принимают равным 0,9...0,95).

Значение q принимается равным 5...20 % от значения силы Q на штоке цилиндра. Меньшие значения при большой силе Q , большие значения при малой силе Q .

Если зажим заготовки не требует большого усилия, то выбирается пневматический привод. Тогда в приведенные выше зависимости подставляется стандартное давление воздуха (0,4...0,6 МПа, допускается до 1 МПа). Это позволяет определить диаметр поршня пневмоцилиндра, необходимый для обеспечения зажима заготовки с расчетной силой зажима W и силой на штоке пневмоцилиндра Q .

Если выбирается гидропривод приспособления, то размерами цилиндра обычно задаются по конструктивным соображениям. В этом случае рассчитывают давление в рабочей полости гидроцилиндра p в мегапаскалях. При обработке деталей средних размеров давление p должно находиться в пределах 40 МПа.

5.

Проектирование прочих элементов приспособления

При проектировании прочих элементов приспособления необходимо ориентироваться на конструкции приспособлений, имеющиеся в литературе. Элементы станочных приспособлений стандартизованы. Все необходимые данные можно найти в литературе [6, 8, 9, 11, 12].

6.

Оформление чертежа приспособления

На чертеже приспособления указываются:

- габаритные размеры;
- номера позиций деталей приспособления;
- посадки на основные сопряжения деталей приспособления;
- точность расположения основных поверхностей и осей.

На свободном поле чертежа записываются технические требования. Рекомендации по формулированию технических требований можно найти в ГОСТ 2.316–68.

7.

Оформление спецификации приспособления

Спецификация чертежа приспособления выполняется отдельно и вшивается в расчетно-пояснительную записку. Этот документ выполняется по ГОСТ 2.106–96. В нем указываются марки материалов деталей приспособления, твердость всех закаливаемых деталей, ГОСТы на стандартные детали и узлы, использованные в приспособлении. Рекомендации по выбору этих данных приведены в справочниках [6, 10].

Библиографический список

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой [и др.]. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2001. Т. 1. 912 с. : ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой [и др.]. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2001. Т. 2. 944 с. : ил.
3. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. — 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2004. 784 с. : ил.
4. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.]. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : НИИТавтопром, 1995. 456 с.
5. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. Москва : Машиностроение, 1975. 656 с.
6. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. Москва : Машиностроение, 1979. 303 с.
7. Харламов Г. А. Припуски на механическую обработку : справочник / Г. А. Харламов. Москва : Машиностроение, 2006. 256 с.
8. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.] ; под общ. ред. И. А. Ординарцева. Ленинград : Машиностроение, 1987. 846 с.
9. Косов Н. П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. Москва : Машиностроение, 2005. 304 с.
10. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справочное пособие / В. Е. Антонюк. Минск : Беларусь, 1991.
11. Металлорежущие станки: каталог-справочник в 8 т. / Москва : НИИМАШ; Москва : Министерство станкостроительной промышленности, 1971. 800 с.
12. Егорова Т. А. Организация производства на предприятиях машиностроения / Т. А. Егорова. Санкт-Петербург : Питер. 2004. 304 с.

13. Справочник нормировщика / А. В. Ахумов [и др.] ; под общ. ред. А. В. Ахумова. Ленинград : Машиностроение, 1987. 458 с.
14. Технология машиностроения. Ч. II : Проектирование технологических процессов : учеб. пособие / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2002. 498 с.
15. Технология машиностроения. Ч. III : Правила оформления технологической документации : учеб. пособие / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2002. 59 с.
16. Технология механической обработки тел вращения : учебно-методическое пособие / М. Г. Галкин, В. Н. Ашихмин. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург : УрФУ, 2010. 187 с.
17. Ашихмин В. Н. Размерный анализ при технологическом проектировании : учеб. пособие / В. Н. Ашихмин, В. В. Закураев. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2005. 93 с.
18. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. 5-е изд. Москва : ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.

Приложение 1

Проект по модулю «Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения»

1. Цель проекта по модулю и его состав

Проект по модулю «Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения» является завершающим этапом в изучении конструкторско-технологических дисциплин и представляет собой самостоятельную творческую работу студента.

Основная цель проекта заключается в приобретении студентами практических навыков в разработке технологических процессов, выполнении размерного анализа, технического нормирования различных операций и в проектировании технологической оснастки.

В связи с перечисленными целями проекта он состоит из двух взаимосвязанных частей: технологической и конструкторской. В технологической части дается подробная разработка технологического процесса на заданную деталь с последующим проведением размерного анализа и технического нормирования спроектированных операций. В конструкторской — методика составления схем закрепления заготовки и разработка конструкции установочно-зажимного приспособления.

2. Исходные данные, объем и содержание проекта

Исходными данными для проектирования являются рабочий чертеж детали и задание, оформленное на специальном бланке руководителем проекта.

Деталь должна относиться к классу корпусных средней сложности. Она может представлять и другой класс при условии, если содержит различные виды поверхностей (плоские, цилиндрические, фасонные и др.), среди которых имеются точные сопрягаемые поверхности.

В задании указывается годовой выпуск, в штуках, заданной детали или серийность производства.

Исходными данными для проектирования приспособления являются сведения об операции, для которой намечается приспособление: модель станка и размеры стола (суппорта, шпинделя), где будет установлено приспособление; схема базирования и зажима детали, изображаемая на технологическом эскизе; режимы резания на данной операции (наиболее интенсивные из всех переходов); в некоторых случаях сведения о размерах режущего инструмента (при проектировании кондукторов).

Технологический процесс на деталь, оформленный в соответствии со стандартами ЕСТД должен содержать: титульный лист, маршрутную карту, карты эскизов и операционные карты механической обработки.

Графическая часть выполняется на листах формата А1, в том числе:

- *лист № 1* — совмещенный чертеж детали и заготовки;
- *лист № 2* — иллюстрации технологического процесса или лист наладки на одну из технологических операций;
- *лист № 3* — размерный анализ технологического процесса;
- *лист № 4* — сборочный чертеж приспособления.

Пояснительная записка объемом 30–50 страниц с аннотацией и оглавлением на первой и второй страницах должна содержать следующие разделы:

- 1) служебное назначение и количественный анализ технологичности детали;
- 2) определение типа производства;
- 3) выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали, а также определение припусков на заготовку;
- 4) анализ требований к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей детали и описание принятых методов их обеспечения в соответствии с намеченными планами обработки каждой поверхности;
- 5) формирование технологического маршрута обработки детали с обоснованием выбранных станков и технологических баз для каждой операции;
- 6) расчет операционных размеров на заданную деталь;
- 7) размерный анализ технологического процесса обработки детали и расчет операционных размеров;
- 8) обоснование и расчет режимов резания и норм штучного времени по операциям;
- 9) описание, а также точностной и силовой расчеты приспособления;

- 10) разработка механизированного зажима в приспособлении;
- 11) список использованной литературы.

3. Требования к оформлению частей проекта

3.1. Оформление технологического процесса

Студенты оформляют технологический процесс на деталь в соответствии со стандартами ЕСТД на бланках установленных форм. Вся документация оформляется в виде альбома, который должен содержать:

- а) титульный лист,
- б) маршрутную карту,
- в) операционные карты механообработки,
- г) карты эскизов на каждую операцию.

Комплект документации помещается в конец пояснительной записки в раздел, который называется «**Приложения**».

При выполнении операции на многошпиндельном станке (токарно-револьверный, вертикальный многошпиндельный полуавтомат, агрегатный и др.) эскизы необходимо выполнять для каждой позиции с приведением схемы инструментальной наладки. В этом случае графические иллюстрации должны относиться к одной карте эскизов, но выполняться на разных листах.

На операционных эскизах должны быть показаны:

- 1) эскиз детали в произвольном масштабе. При этом деталь показывается в том положении, которое она занимает на выполняемой операции;
- 2) технологические базы и силы зажима, которые обозначаются условными знаками;
- 3) номера обрабатываемых на данной операции поверхностей (при этом поверхности обводят сплошной линией удвоенной толщины);
- 4) размеры с допусками, получаемые после выполнения данной операции или перехода;
- 5) шероховатость обработанных поверхностей, которую необходимо получить в результате выполнения данной операции;
- 6) режущий инструмент, изображенный в масштабе, соответствующем масштабу вычерченного эскиза детали. Режущий инструмент

показывают либо сплошными тонкими линиями, либо синим цветом. Если для обработки поверхности применяют несколько последовательно работающих инструментов (сверло, зенкер, развертка), то они изображаются в ряд. Для агрегатных станков на операционном эскизе приводится один эскиз детали с последовательным изображением режущих инструментов, применяемых на каждой позиции. Номера позиций изображаются на эскизах римскими цифрами;

- 7) на чистовых операциях должны быть указаны технические требования, удовлетворенные в результате выполнения операций (точность формы и положения поверхностей или осей, указанных на чертеже);
- 8) основные надписи и тексты.

3.2. Оформление чертежей приспособлений

При вычерчивании станочных приспособлений необходимо выполнять следующие требования:

- 1) чертежи приспособлений должны оформляться в полном соответствии с требованиями ЕСКД;
- 2) приспособления желательно вычерчивать в масштабе 1:1, и только при больших габаритах допускается масштаб 1:2;
- 3) общий вид приспособлений вычерчивается в таком количестве изображений (видов, разрезов, сечений), которые дают ясное понимание конструкции;
- 4) на общем виде приспособления должен быть изображен контур обрабатываемой заготовки либо условным пунктиром (тире и две точки), либо красным цветом. При этом изображение заготовки носит условный характер и не должно учитываться при вычерчивании деталей приспособления, т. е. все элементы приспособления, находящиеся за заготовкой, считаются видимыми;
- 5) на общем виде приспособления должны быть показаны габаритные размеры, посадочные размеры, присоединительные размеры и контрольные размеры, определяющие точность обработки детали в приспособлении (точность этих размеров проверяется после сборки приспособления);

- 6) на общем виде приспособления арабскими цифрами указываются номера позиций деталей, входящих в сборку, по ходу часовой стрелки;
- 7) все чертежи должны быть снабжены угловым штампом по установленной форме;
- 8) спецификация на сборочный чертеж составляется на отдельных листах по установленной форме и подшивается в приложение к пояснительной записке.

3.3. Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка должна быть напечатана на компьютере либо написана на листах формата А4 разборчиво и чисто. Необходимо, чтобы в тексте записки нашла отражение литература, используемая в проекте путем ссылки на нее в соответствующих местах текста. Для этого в конце записки необходимо приложить список использованной литературы и при ссылке на тот или иной источник указывать его в квадратных скобках []. Например [5, с. 43] означает, что делается ссылка на страницу 43 источника, помещенного в списке литературы под номером 5. Литература, не используемая в пояснительной записке, в список не включается.

В разделе пояснительной записки «Описание и расчет установочно-зажимного приспособления» для определения необходимой силы зажима должны быть приведены подробные расчетные схемы сил, действующих на заготовку, как это рекомендуется в разделе, посвященном расчету приспособления.

Размерный анализ технологического процесса должен начинаться с приведения копии размерной схемы с листа № 3, а также изображения исходного и производного графов, представляющих собой математическую модель технологического процесса. Далее необходимо выполнить расчет всех технологических размерных цепей.

Пояснительная записка сшивается, подписывается студентом и руководителем. Титульный лист оформляется по установленному образцу.

Пример оформления задания

Задание на проект по модулю
«Технологическая подготовка и обеспечение производства изделий машиностроения»

Разработать и оформить единый технологический процесс механической обработки детали _____ (чертеж № _____).

Годовая программа выпуска _____ штук; размер партии _____ штук.

Последовательность выполнения работы

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- анализ исходных данных и определение типа производства;
- оценка детали на технологичность, с последующим внесением изменений в конструкцию чертежа с предприятия;
- нумерация обрабатываемых поверхностей;
- выбор вида заготовки и метода ее получения, с последующим определением общих припусков на обработку;
- составление планов обработки каждой нумерованной поверхности в соответствии с этапами принципиальной схемы механообработки;
- определение количества и последовательности выполнения технологических операций на основании принятых планов обработки;
- предварительный выбор для каждой операции станочного оборудования, технологической оснастки и синтез схем базирования;
- моделирование эскизов на каждую операцию в соответствии с правилами оформления и указанием переходов в каждой операции;
- определение операционных допусков и припусков на обрабатываемые поверхности аналитическим и табличным методами;
- определение операционных размеров на обрабатываемые поверхности в ходе выполнения размерного анализа технологического процесса;
- выбор режимов резания для каждой операции аналитическим и табличным методами;
- определение норм времени по каждой операции;
- оформление основных технологических документов по ЕСТД.

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

- разработка схемы установки заготовки на одну из операций;
- выполнение расчета приспособления на точность;
- разработка схемы закрепления и выполнение расчета по определению усилий зажима заготовки;
- выбор механизированного привода и определение его основных характеристик.

Проект по модулю включает:

1. Пояснительную записку с необходимыми пояснениями, расчетами схемами и таблицами на листах формата А4.
2. Комплект технологических документов (МК, КЭ, ОК)
3. __ 4 __ листа графических работ на форматах А1:
 - а) совмещенный чертеж детали и заготовки,
 - б) иллюстрации технологического процесса
 - в) размерный анализ технологического процесса
 - г) сборочный чертеж установочно-зажимного приспособления

Сроки выполнения проекта по модулю: с _____ по _____ 201__ г.



Приложение 2

Расчет припусков

Таблица П. 2.1

Значения допусков, мкм

Интервалы диаметров, мм	Квалитет												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Таблица П. 2.2

Качество поверхности отливок ($R_z + h$, мкм), достигаемое различными способами формовки

Отливка		Наибольший размер отливки, мм				
Материал	Класс точности ¹	До 500	Св. 500 до 1250	Св. 1250 до 3150	Св. 3150 до 6300	Св. 6300 до 10000
Чугун	I	400	600	800	—	—
	II	500	700	900	—	—
	III	600	800	1000	1500	2000
Сталь	I	300	500	700	—	—
	II	400	600	800	—	—
	III	500	700	900	1300	1700
Цветные металлы и сплавы	I	200	400	—	—	—
	II	300	500	—	—	—
	III	400	600	800	1100	—

¹ Классы точности отливки достигаются: I — литьем в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям; II — машинной формовкой по деревянным моделям; III — ручной формовкой по деревянным моделям.

Таблица П. 2.3

Качество поверхности отливок, достигаемое специальными способами литья

Литье		Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм, для заготовки		
				из чугуна	из стали	из цветных металлов
В кокиль		14–15	200	300	200	100
Центробежное		14–15	200	300	200	100
В оболочковые формы для элементов, получаемых:	в одной полуформе	11–12	40	260	160	100
	в обеих полуформах	14	40	260	160	100
	под давлением	11–12	50	—	—	100
По выплавляемым моделям		11–12	32	170	100	63

¹ Значения допусков для квалитетов приведены в табл. П. 2.1.

Таблица П. 2.4

Отклонения расположения поверхностей отливок

Отклонения	Литье		
	в песчаные формы	в кокиль	под давлением
Межосевых расстояний отверстий (\pm) $\Delta_{м.о.р.}$, мм	1,2–2,0	0,8–1,5	0,3–0,5
Расположения отверстия относительно технологических баз (\pm) $\Delta_{р.т.б.}$, мм	1,2–2,5	0,5–1,2	0,10–0,35
Коробление Δ_k , мкм на 1 мм длины: корпусных деталей плит	0,3–1,5 2,0–3,0	—	—

Таблица П. 2.5

Точность и качество поверхности после механической обработки отливок точением, фрезерованием, строганием и шлифованием

Обработка	Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм	Обработка	Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм
Точение, фрезерование, строгание				<i>Литье в кокиль и центробежное</i>			
Литье в песчаные формы				Однократная	11	25	25
				Черновая	12	50	50
1) машинной формовкой по металлическим моделям				Чистовая	10	20	20
Однократная	11–12	32	32	Тонкая	7–9	5	5
Черновая	12	50	50	<i>Литье в оболочковые формы</i>			
2) машинной формовкой по деревянным моделям				Однократная	10–11	25	25
Черновая	14	100	100	Черновая	11	20	20
Получистовая	12	50	50	Чистовая	10	10	10
3) ручной формовкой по деревянным моделям				Тонкая	7–9	5	5
Обдирочная	16–17	320	320	<i>Литье по выплавляемым моделям</i>			
Черновая	14–15	250	240	Однократная	10	15	20
Получистовая	11–12	100	100	Тонкая	7–9	2,5	5
4) машинной ручной формовкой по металлическим и деревянным моделям				Шлифование отливок, получаемых различными способами			
Чистовая	10–11	25	25	Однократная	7	5	10
Тонкая	7–9	5	5	Черновая	8–9	10	20
				Чистовая	6–8	5	15
				Тонкая	5–6	0,63	—

¹ Значения допусков для квалитетов приведены в табл. П. 2.1.

Таблица П. 2.6

Качество поверхности поковок ($R_z + h$, мкм), изготавливаемых ковкой

Наибольший размер поковки, мм	Пресс		Молот	Подкладные штампы
	Точность			
	повышенная	нормальная	нормальная	нормальная
От 50 до 180	800	1000	1000	750
Св. 180 ... 500	1000	1500	1500	1250
Св. 500 ... 1250	1500	2000	2000	1500
Св. 1250 ... 3150	2000	2500	2500	—
Св. 3150 ... 6300	2500	3000	3000	—
Св. 6300 ... 10000	—	3500	3500	—

Таблица П. 2.7

Качество поверхности поковок, изготавливаемых штамповкой

Масса поковки, кг	R_z	h
	мкм	
До 0,25	80	150
Св. 0,25 ... 4	160	200
Св. 4 ... 25	200	250
Св. 25 ... 40	250	300
Св. 40 ... 100	320	350
Св. 100 ... 200	400	400

Примечание: Точность поковок, изготавливаемых штамповкой, регламентируется ГОСТ 7505–74. Значения R_z в таблице даны после пескоструйной обработки поверхностей поковки или травления: при дробеструйной или дробеметной обработке R_z принимать равным 400 мкм независимо от массы поковки.

Таблица П. 2.8

Точность и качество поверхности поковок после механической обработки, получаемых ковкой на прессах, молотах и в подкладных штампах

Способ обработки		Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм
Точение резцами, фрезерование:	Обдирочное	17	1250	350
	Черновое	15–16	250	240
	Получистовое	12–14	125	120
	Чистовое	10–11	40	40
	Тонкое	6–7	5	5
Шлифование	Обдирочное	14–15	20	20
	Черновое	10	15	15
	Чистовое	6–7	5	5
	Тонкое	5–6	2,5	5

¹ Значения допусков для квалитетов приведены в табл. П. 2.1.

Таблица П. 2.9

**Точность и качество поверхности штампованных поковок
после механической обработки**

Способ обработки	Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм
Валы ступенчатые			
<i>Обтачивание наружных поверхностей</i>			
Однократное	11–12	32	30
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
Тонкое	7–9	5	5
<i>Подрезание торцовых поверхностей</i>			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	32	30
<i>Фрезерование</i>			
Однократное	14	100	100
Диски			
<i>Обтачивание наружных поверхностей</i>			
Однократное	10–12	32	30
Черновое	14	100	100
Получистовое	12	50	50
Чистовое	10–11	25	25
<i>Подрезание торцовых поверхностей</i>			
Однократное	10–12	32	30
Черновое	14	100	100
Получистовое	12	50	50
Чистовое	10–11	25	25
Рычаги (плоскости, параллельные оси детали и плоскости разъема головок)			
<i>Фрезерование</i>			
Черновое	12	32	50
Чистовое	11	10	15
<i>Протягивание</i>			
Однократное	10	5	10
<i>Обтачивание стержня</i>			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
<i>Шлифование валов, дисков, рычагов</i>			
Однократное	7–9	5	10
Черновое	8–9	10	20
Чистовое	6–7	5	15
Тонкое	5–6	2,5	5

¹ Значения допусков для квалитетов приведены в табл. П. 2.1.

Таблица П. 2.10

Качество поверхностей отверстий после обработки

Способ обработки		Диаметр отверстий d , мм	Квалитет	R_z	h
				мкм	
Сверление спиральными сверлами		От 3 до 6	12	20	40
		Св. 6 ... 10		32	50
		» 10 ... 18		40	60
		» 18 ... 50		50	70
		» 50 ... 80		63	80
Глубокое сверление специальными сверлами		От 3 до 10	12	16	25
		Св. 10 ... 18		20	30
		Св. 18 ... 30		32	40
		Св. 30 ... 50		50	50
Зенкерование	Однократное	До 80	10	32	40
	Черновое	От 18 ... 30	11	40	40
		Св. 30 ... 80		50	50
	Чистовое	До 30	10	32	30
		Св. 30 ... 80		40	40
Растачивание	Черновое	От 50 ... 260	12	40	50
	Чистовое		10	20	20
Развертывание	Нормальное	От 6 ... 30	10	10	20
	Точное		8	5	10
	Тонкое		7	3,2	5
Отделочные методы	Шлифование	До 80	7–9	5	10
	Протягивание	От 10 ... 80	8	4	6
	Калибрование шариком	От 6...80	7	0,63	—
	Хонингование	До 80	6–7	0,16	—

Примечания:

1. Под черновым зенкерованием следует понимать обработку по литому или прошитому при штамповке отверстию; под чистовым — обработку после сверления или чернового зенкерования.

2. Виды развертывания (нормальное, точное и тонкое) характеризуются допуском на диаметры разверток.

3. При обработке мерным инструментом (сверлом, зенкером, разверткой, протяжкой, фрезой и т. п.) диаметр инструмента принимают ближайший по сортаменту, причем наименьший предельный размер инструмента должен быть не менее диаметра, полученного расчетом.

Таблица П. 2.11

Увод сверла и смещение оси отверстия при сверлении

Сверло	Диаметр отверстия, мм				
	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50
Увод Δ_y , мкм на 1 мм длины отверстия					
Спиральное	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Специальное	1,6	1,3	1,0	0,7	0,4
Смещение S_{cm} , мм оси отверстия относительно номинального положения					
Спиральные и специальные	10	15	20	25	30

Таблица П. 2.12

Коэффициент уточнения K_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката

Вид обработки	K_y
После обработки лезвийным инструментом:	
а) однократной,	0,05
б) предварительной,	0,06
в) окончательной.	0,04
После обработки абразивным инструментом:	
а) предварительной или однократной,	0,03
б) окончательной.	0,02
После обработки мерным инструментом:	
а) зенкером,	0,005
б) чистовой разверткой	0,002

Таблица П. 2.13

Планы обработки наружных цилиндрических поверхностей

№ п/п	Методы обработки	Точность	Шероховатость
1	Точить однократно	12	6,3
2	Точить предварительно Точить окончательно	12 10	6,3 3,2
3	Точить однократно Шлифовать однократно	12 10	6,3 1,6
4	Точить предварительно Точить окончательно Точить тонко	12 10 9	6,3 3,2 1,6
5	Точить предварительно Точить окончательно Шлифовать однократно	12 10 8	6,3 3,2 1,6
6	Точить предварительно Точить окончательно Шлифовать предварительно Шлифовать окончательно	12 10 8 6	6,3 3,2 1,6 0,8
7*	Точить предварительно Точить предварительно Точить окончательно Точить тонко	12 10 8 7	6,3 3,2 1,6 0,8
9	Точить предварительно Точить окончательно Точить тонко Шлифовать предварительно Шлифовать окончательно Шлифовать тонко или притереть	12 10 8 7 6 5	6,3 3,2 1,6 0,8 0,4 0,05

*План обработки под номером 7 в основном применяется для обработки цветных металлов.

Таблица П. 2.14

**Планы обработки внутренних цилиндрических поверхностей
а) в сплошном материале**

№ п/п	Методы обработки	Точность	Шероховатость
1	Сверлить	12	12,5
2	Сверлить	12	12,5
	Зенкеровать однократно	11	3,2
3	Сверлить	12	12,5
	Развернуть или протянуть однократно	10	3,2
4	Сверлить	12	12,5
	Зенкеровать однократно	10	3,2
	Развернуть однократно	9	1,6
5	Сверлить	12	12,5
	Развернуть предварительно	10	3,2
	Развернуть окончательно	8	1,6
6	Сверлить	12	12,5
	Зенкеровать однократно	10	3,2
	Развернуть предварительно	8	1,6
	Развернуть окончательно	7	0,8
7	Сверлить	12	12,5
	Зенкеровать однократно	10	3,2
	Шлифовать предварительно	8	1,6
	Шлифовать окончательно	7	0,8

б) в заготовках с отверстием

№ п/п	Методы обработки	Точность	Шероховатость
1	Зенкеровать (расточить) однократно	12	6,3
2	Зенкеровать (расточить) предварительно	12	6,3
	Зенкеровать (расточить) окончательно	11	3,2
3	Зенкеровать (расточить) однократно	12	6,3
	Развернуть однократно	10	3,2
4	Расточить предварительно	12	6,3
	Расточить окончательно	10	3,2
	Расточить тонко	9	1,6
5	Зенкеровать (расточить) предварительно	12	6,3
	Зенкеровать (расточить) окончательно	10	3,2
	Развернуть однократно	9	1,6
6	Зенкеровать (расточить) однократно	12	6,3
	Развернуть предварительно	10	3,2
	Развернуть окончательно	8	1,6
7	Зенкеровать (расточить) предварительно	12	6,3
	Зенкеровать (расточить) окончательно	10	3,2
	Шлифовать (развернуть) предварительно	8	1,6
	Шлифовать (развернуть) окончательно	7	0,8

Таблица П. 2.15

Планы обработки плоских поверхностей

№ п/п	Методы обработки	Точность	Шероховатость
1	Фрезеровать однократно	12	6,3
2	Фрезеровать предварительно	12	6,3
	Фрезеровать окончательно	10	3,2
3	Фрезеровать предварительно	12	6,3
	Фрезеровать окончательно	10	3,2
	Фрезеровать тонко	8	1,6
4	Шлифовать однократно	8	1,6
5	Шлифовать предварительно	8	1,6
	Шлифовать окончательно	7	0,4
6	Шлифовать предварительно	8	1,6
	Шлифовать окончательно	7	0,4
	Шлифовать тонко	6	0,2

Данные в таблице по точности и качеству обработки получаются при базировании по предварительно обработанным поверхностям.

Точность обработки торцовыми фрезами получается выше в среднем на один квалитет обработки цилиндрическими фрезами.

Отделочное фрезерование необходимо производить только торцовыми фрезами.

Таблица П. 2.16

Планы обработки эвольвентных зубьев

№ п/п	Методы обработки	Степень точности	Шероховатость
1	Фрезеровать предварительно	9	6,3
	Фрезеровать окончательно дисковой фрезой	8	3,2
	Фрезеровать окончательно червячной фрезой	7	3,2
2	Долбление чистовое	8	3,2
3	Строгание чистовое	7	1,6
4	Шевингование	6	0,8
5	Шлифование	5	0,4

Таблица П. 2.17

Погрешность закрепления ϵ , в радиальном направлении, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм								
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-350
Установка на цанге									
Холоднотянутая, калиброванная	40	50	60	70	80	—	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	—	—	—	—
Окончательно обработанная	20	25	30	35	40	—	—	—	—
Установка в трехкулачковом патроне									
В песчаную форму машинной формовки	220	270	320	370	420	500	600	700	800
По выплавляемым моделям (литье)	50	60	70	80	100	120	140	160	—
Под давлением (литье)	25	30	35	40	50	60	70	80	—
Горячая штамповка	220	270	320	370	420	500	600	700	800
Горячекатаная	220	270	320	370	420	500	600	—	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	100	120	140	160	180
Окончательно обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Установка в пневматическом патроне									
В песчаную форму машинной формовки	180	220	260	320	380	440	500	580	660
По выплавляемым моделям (литье)	40	50	60	70	80	90	100	120	—
Под давлением (литье)	20	25	30	35	40	45	50	60	—
Горячая штамповка	180	220	260	320	380	440	500	580	660
Горячекатаная	180	220	260	320	380	440	500	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	120	—
Окончательно обработанная	20	25	30	35	40	45	50	60	—

Таблица П. 2.18

Погрешность закрепления ε_z в осевом направлении, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм								
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–350
Установка на цанге									
Холоднотянутая, калиброванная	40	50	60	70	80	—	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	—	—	—	—
Окончательно обработанная	20	25	30	35	40	—	—	—	—
Установка в трехкулачковом патроне									
В песчаную форму машинной формовки	70	80	90	100	110	120	130	140	150
По выплавляемым моделям (литье)	50	60	70	80	90	100	110	120	—
Под давлением (литье)	30	40	50	60	70	80	90	100	—
Горячая штамповка	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	130	—	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Окончательно обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Установка в пневматическом патроне									
В песчаную форму машинной формовки	55	60	70	80	90	100	110	120	130
По выплавляемым моделям (литье)	45	50	55	65	75	80	85	90	—
Под давлением (литье)	25	35	45	50	55	65	70	80	—
Горячая штамповка	55	60	70	80	90	100	110	120	130
Горячекатаная	55	60	70	80	90	100	110	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Окончательно обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90

Таблица П. 2.19

Погрешность закрепления ϵ_z на опорных штифтах, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм								
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–350
Установка в приспособление с винтовым или эксцентриковым зажимами									
В песчаную форму машинной формовки	—	100	125	150	175	200	225	250	300
По выплавляемым моделям (литье)	80	90	100	110	120	130	140	150	—
Под давлением (литье)	70	80	90	100	110	120	130	140	—
Горячая штамповка	—	100	125	150	175	200	225	250	300
Горячекатаная	90	100	125	150	175	200	225	—	—
Предварительно обработанная	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Окончательно обработанная	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Шлифованная	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Установка в приспособление с пневматическим зажимом									
В песчаную форму машинной формовки	—	90	100	110	120	140	160	180	200
По выплавляемым моделям (литье)	65	70	75	80	90	100	110	120	—
Под давлением (литье)	40	45	50	60	70	80	90	100	—
Горячая штамповка	—	90	100	110	120	140	160	180	200
Горячекатаная	70	80	100	120	140	150	180	—	—
Предварительно обработанная	65	70	75	80	90	100	110	120	130
Окончательно обработанная	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Шлифованная	40	50	60	70	80	90	100	110	120

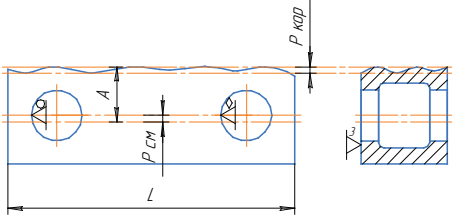
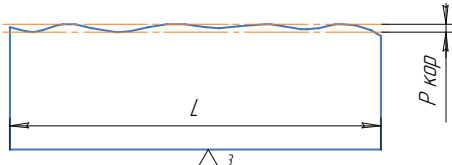
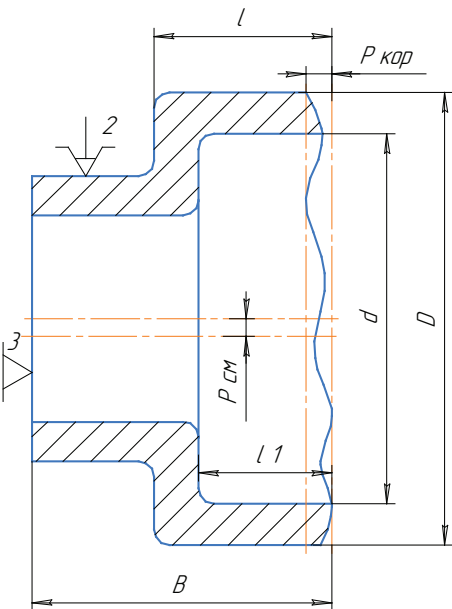
Таблица П. 2.20

Погрешность закрепления ε_z на опорных пластинах, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм								
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–350
Установка в приспособление с винтовым или эксцентриковым зажимами									
В песчаную форму машинной формовки	—	100	110	120	135	150	175	200	240
По выплавляемым моделям (литье)	40	50	60	70	80	90	100	120	—
Под давлением (литье)	30	40	50	60	70	80	90	100	—
Горячая штамповка	—	100	110	120	135	150	175	200	240
Горячекатаная	90	100	110	120	135	175	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	120	130
Окончательно обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Шлифованная	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Установка в приспособление с пневматическим зажимом									
В песчаную форму машинной формовки	—	80	90	100	110	120	130	160	190
По выплавляемым моделям (литье)	35	40	50	55	60	70	80	90	—
Под давлением (литье)	25	30	35	40	50	60	70	80	—
Горячая штамповка	—	80	90	100	110	120	130	160	190
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	140	—	—
Предварительно обработанная	35	40	50	55	60	70	80	90	100
Окончательно обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90
Шлифованная	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Таблица П. 2.21

Суммарное значение пространственных отклонений для различных видов заготовок

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
1. Литые заготовки		
Корпусные детали, по отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной к ним плоскости		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$ $\rho = \rho_{\text{кор}} + \rho_{\text{см}}$ $\rho_{\text{см}} = Td_A$ $\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot L$
То же по плоскости, противоположной обрабатываемой		$\rho = \rho_{\text{кор}}$
Детали — тела вращения в самоцентрирующих патронах по наружному диаметру с прижимом к торцевой поверхности		$\rho_D = \rho_{\text{кор}} =$ $= \sqrt{(\Delta_K \cdot D)^2 + (\Delta_K \cdot l)^2}$ $\rho_d = \rho_{\text{кор}} =$ $= \sqrt{(\Delta_K \cdot d)^2 + (\Delta_K \cdot l_1)^2}$ $\rho_{\text{см}} = Td_B$ $\rho_B = \Delta_K \cdot D$

Продолжение табл. П. 2.21

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
2. Штампованные заготовки		
Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги и т. п.) с базированием по крайней ступени (поверхности)		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$ $\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot L$
Стержневые детали при обработке в центрах		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}$ $\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot L$ <p>при $l \leq \frac{L}{2}$</p>
Детали типа дисков с прошиваемым центральным отверстием (шестерни, диски и т. п.) с установкой по наружному диаметру и торцу		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}$
То же при обработке торцевых поверхностей		$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot D$

Окончание табл. П. 2.21

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
3. Заготовки из сортового проката		
При консольном закреплении в самоцентрирующих патронах		$\rho_{кор} = \Delta_K \cdot L$
При обработке в центрах		$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}$ $\rho_{кор} = \Delta_K \cdot L$ при $l \leq \frac{L}{2}$
4. Зацентрировка заготовок		
При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах		$\rho_{ц} = 0,25 \text{ мм}$
При установке на призмах с односторонним прижимом		$\rho_{ц} = \sqrt{\frac{TD^2}{2} + 0,25^2}$ при $\alpha = 90^\circ$ $\rho_{ц} = \sqrt{\frac{TD^2}{3} + 0,25^3}$ при $\alpha = 120^\circ$
5. Сверление отверстий		
Детали всех типов при обработке отверстий в неподвижной детали		$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y \cdot L)^2}$

Приложение 3

Режим резания

Фрезерные станки

Таблица П. 3.1

Подачи на зуб фрезы S_z , мм/зуб, при обработке плоскостей

Твердость обрабатываемого матери- ала, HB	Обрабатываемый материал					
	Сталь			Чугун		
	<i>t</i> , мм					
	≤ 3	≤ 5	> 5	≤ 3	≤ 5	> 5
Торцовые фрезы из быстрорежущей стали						
≤ 229	0,2...0,3	0,15...0,25	0,12...0,2	—	—	—
230...287	0,15...0,25	0,12...0,2	0,1...0,15			
> 287	0,12...0,2	0,1...0,15	0,07...0,1			
Торцовые фрезы с пластинами из твердого сплава						
≤ 229	0,15...0,2	0,1...0,18	0,1...0,15	0,2...0,35	0,15...0,20	0,1...0,2
230...287	0,1...0,15	0,08...0,1	0,06...0,1	0,12...0,25	0,12...0,2	0,1...0,15
> 287	0,08...0,1	0,06...0,08	0,05...0,07	0,1...0,15	0,08...0,1	0,06...0,08
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали						
≤ 229	0,15...0,25	0,12...0,2	0,1...0,15	—	—	—
230...287	0,12...0,2	0,1...0,15	0,08...0,12			
> 287	0,1...0,15	0,08...0,1	0,06...0,1			
Дисковые фрезы с пластинами из твердого сплава						
≤ 229	0,1...0,12	0,08...0,1	0,07...0,1	0,15...0,25	0,12...0,2	0,1...0,15
230...287	0,08...0,1	0,06...0,08	0,05...0,07	0,12...0,2	0,1...0,15	0,08...0,1
> 287	0,06...0,08	0,05...0,07	0,04...0,06	0,08...0,15	0,06...0,1	0,05...0,08
Цилиндрические крупнозубые фрезы из быстрорежущей стали						
≤ 229	0,2...0,3	0,15...0,2	0,1...0,15	—	—	—
230...287	0,15...0,2	0,1...0,15	0,08...0,1			
> 287	0,1...0,15	0,08...0,1	0,06...0,08			

Примечание. При чистовой обработке для достижения параметра шероховатости поверхности $Ra = 3,2$ мкм S_z не должна превышать 0,1 мм. Большие значения подач принимать для жестких систем деталь—станок—инструмент.

Таблица П. 3.2

Подачи на зуб фрезы S_z , мм/зуб, при обработке пазов

В, мм	Твер- дость об- рабаты- ваемого материала, НВ	Обрабатываемый материал					
		Сталь			Чугун		
		t, мм					
		≤ 3	≤ 5	> 5	≤ 3	≤ 5	> 5
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали							
—	≤ 229	0,07...0,12			0,07...0,12		
	230...287	0,05...0,10			0,06...0,1		
	> 287	0,03...0,06			0,04...0,08		
Дисковые фрезы с пластинами из твердого сплава							
—	≤ 229	0,06...0,10			0,07...0,12		
	230...287	0,04...0,08			0,06...0,1		
	> 287	0,03...0,06			0,04...0,08		
Прорезные фрезы из быстрорежущей стали							
2	≤ 287	0,03...0,05	0,02...0,04	0,01...0,02	0,04...0,06	0,03...0,05	0,02...0,04
3		0,02...0,04	0,01...0,02	До 0,01	0,03...0,05	0,02...0,04	0,01...0,02
6		0,01...0,02	До 0,01	—	0,02...0,04	0,01...0,02	До 0,01
Угловые фрезы с пластинами из твердого сплава для пазов типа «ласточкин хвост»							
50	230...287	—			0,12...0,18	0,1...0,15	0,08...0,1
					0,01...0,15	0,04...0,1	0,05...0,08
Радиусные фрезы из быстрорежущей стали							
—	230...287	0,04...0,06	0,03...0,05	0,02...0,04	0,06...0,08	0,04...0,06	0,03...0,05

Примечания:

1. Большие значения подач принимать для жестких систем деталь—станок—инструмент.
2. При фрезеровании пазов дисковыми фрезами меньшие значения подач принимать при $t > 2B$, где B — ширина паза.

Таблица П. 3.3

Период стойкости инструмента T_m , мин

Фреза	Диаметр фрезы D , мм							
	50	75	100	150	200	300	400	500
Быстрорежущая сталь								
Торцовые и дисковые	100	120	130	170	250	300	400	500
Прорезные	80	90	100	110	120	—	—	
Цилиндрические	100	170	280	400	—			
Радиусные	60	80	100	—				
Твердый сплав								
Торцовые	—	90	120	200	300	500	600	800
Дисковые трехсторонние		130	160			—	—	—
Угловые для пазов типа «ласточкин хвост»		50	120	180	240	400	500	—

Таблица П. 3.4

Скорость резания V , м/мин, при обработке деталей из стали

Материал рабочей части режущего инструмента	t , мм	S_z , мм/зуб						
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3
Торцовые фрезы								
Быстрорежущая сталь	1	—	70	65	60	50	45	40
	3		50	47	42	37	33	27
	6		42	40	36	30	25	22
Твердый сплав	1	—	440	400	360	300	280	230
	3		400	360	310	270	240	180
	6		350	310	290	240	210	150
Дисковые фрезы для обработки плоскостей								
Быстрорежущая сталь	1	—	70	65	60	50	45	40
	3		50	47	42	37	33	27
	6		42	40	36	30	25	22
Твердый сплав	1	—	400	380	330	290	250	230
	3		350	320	280	230	210	170
	6		320	300	260	200	180	150
Дисковые фрезы для обработки пазов								
Быстрорежущая сталь	5	60	55	50	40	30	25	—
	10	50	45	40	30	25	20	
	20	38	35	33	25	20	18	

Окончание табл. П. 3.4

Материал рабочей части режущего инструмента	t , мм	S_z , мм/зуб						
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3
Твердый сплав	5	420	340	310	280	220	140	—
	10	350	310	280	220	160	120	
	20	280	250	220	180	140	100	
Прорезные фрезы								
Быстрорежущая сталь	3	—	44	42	35	—	—	—
	6		37	35	30			
	12		30	27	25			
	25		24	22	30			
Цилиндрические крупнозубые фрезы								
Быстрорежущая сталь	40*	—	44	42	38	34	22	20
	60*		42	40	34	30	20	18
	>60*		40	38	30	26	18	16
Радиусные фрезы								
Быстрорежущая сталь	20*	—	40	36	32	—		
	>20*		38	32	28			

*Ширина фрезерования B , мм.

Таблица П. 3.5

Скорость резания V , м/мин, при обработке деталей из чугуна

Материал рабочей части режущего инструмента	t , мм	S_z , мм/зуб							
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4
Торцовые фрезы									
Быстрорежущая сталь	1	—							
	3								
	6								
Твердый сплав	1	—	175	155	130	120	110	100	
	3		150	130	120	110	100	90	
	6		130	110	90	80	70	60	
Дисковые фрезы для обработки плоскостей									
Быстрорежущая сталь	1	—	75	67	56	50	40	32	
	3		70	63	50	45	36	28	
	6		67	58	47	40	32	26	

Окончание табл. П. 3.5

Материал рабочей части режущего инструмента	t, мм	S _z , мм/зуб							
		0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4
Твердый сплав	1	—		160	130	110	90	80	60
	3			140	120	100	80	70	55
	6			130	110	90	70	60	50
Дисковые фрезы для обработки пазов									
Быстрорежущая сталь	5	85	70	65	55	45	40	30	—
	10	60	50	45	40	35	30	25	
	20	45	40	35	30	25	20	18	
Твердый сплав	5	200	180	160	140	110	110	100	—
	10	160	140	120	110	100	90	80	
	20	140	120	100	90	80	70	60	
Прорезные фрезы									
Быстрорежущая сталь	2	—	40	35	25	—			
	6		30	22	18				
	12		22	18	13				
	25		15	12	9				
Цилиндрические крупнозубые фрезы									
Быстрорежущая сталь	40*	—	42	36	34	30	25	22	—
	60*		40	34	32	25	20	18	
	>60*		38	32	30	20	18	16	
Угловые фрезы для пазов типа «ласточкин хвост»									
Твердый сплав	—			96	82	76	70	64	—
				88	76	68	62	56	
Быстрорежущая сталь	—	34	30	26	22	—			
		32	26	22	20				

*Ширина фрезерования B , мм.

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Таблица П. 3.6

Коэффициент K_4 в зависимости от отношения диаметра фрезы к глубине или ширине фрезерования

Материал рабочей части ре- жущего инструмента	Отношение $\frac{D}{B}$ или $\frac{D}{t}$		Обрабатываемый материал		
			сталь	чугун	
	K_4				
Торцовые фрезы					
Быстрорежущая сталь	$\frac{D}{B}$	1,25 2 5	1,0 1,1 1,25	-	
Твердый сплав		1,25 2 5	1,0 1,1 1,3	1,0 1,1 1,3	
Дисковые трехсторонние фрезы для обработки пазов					
Быстрорежущая сталь	$\frac{D}{B}$	3 10 20	1,0 1,2 1,3	1,0 1,1 1,2	
Твердый сплав		4 6 12	1,0 1,2 1,3	1,0 1,15 1,25	
Цилиндрические фрезы					
Быстрорежущая сталь и твердый сплав	$\frac{D}{t}$	10 20 30	1,0 1,2 1,3	0,8 1,0 1,2	
Прорезные фрезы					
Быстрорежущая сталь		$\frac{D}{B}$	15 40 75	1,0 1,2 1,5	1,1 1,2 1,4
Угловые фрезы для пазов типа «ласточкин хвост»					
Твердый сплав	$\frac{D}{B}$	10 > 10	—	0,1 0,8	

Таблица П. 3.7

Коэффициент K_1 в зависимости от характеристики обрабатываемого материала

Материал рабочей части режущего инструмента	Сталь								
	30; 35; 40		45		35X		20X	40X	35ХГС
	НВ								
	229	269	229	269	207	255	179	269	241
Быстрорежущая сталь	1,1	0,8	1,0	0,8	1,0	0,7	1,3	0,7	0,6
Твердый сплав	1,0	0,9		0,9		0,9	1,2	0,8	0,8
Материал рабочей части режущего инструмента	сталь			чугун					
	18ХГТ		30ХГТ	Поверхность без корки			Поверхность с коркой		
	НВ								
	321	187	197	229	241	295	229	241	295
Быстрорежущая сталь	0,5	1,1	0,7	—	—	—	—	—	—
Твердый сплав	0,7	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6

Таблица П. 3.8

Коэффициент K_3 в зависимости от периода стойкости инструмента

Материал рабочей части режущего инструмента	Сталь							Чугун						
	Период стойкости T_m , мин													
	100	150	200	400	600	1000	1500	100	150	200	400	600	1000	1500
Торцовые, дисковые и прорезные фрезы														
Быстро-режущая сталь	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55	—						
Твердый сплав		0,85	0,80	0,65	—				0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	
Цилиндрические фрезы														
Быстро-режущая сталь	1,0	0,85	0,80	—				1,0	0,9	—				
Угловые фрезы для пазов														
Быстро-режущая сталь	—									0,75	0,65	0,55	0,5	0,45

Таблица П. 3.9

Коэффициент K_2 , зависящий от инструментального материала

Инструментальный материал	Значение K_2	Инструментальный материал	Значение K_2
Быстрорежущая сталь: P6M5, P18	1,0	Твердый сплав:	
Легированная кобальтом: P6M5K5	1,2	T14K8, TT20K9	1
С износостойким покрытием задних поверхностей		T15K6	1,15
Базовая: P6M5, P18	1,2	T5K10	0,8
Легированная кобальтом: P6M5K5	1,4	TT7K12	0,65

Сверлильные станки

Таблица П. 3.10

Рекомендуемые группы подач при обработке отверстий в зависимости от условий обработки

Вид обработки	Условия обработки	Группа подач
Сверление	Сверление сверлами из быстрорежущей стали с точностью не выше 12-го качества	I
	Сверление сверлами из быстрорежущей стали пониженной жесткости системы приспособление-деталь, сверление твердосплавными сверлами с точностью не выше 12-го качества	II
	Сверление под чистовое зенкерование или развертывание, под нарезание резьбы, наклонных отверстий и т. п.	III
Зенкерование	Черновое зенкерование	I
	Зенкерование с точностью не выше 12-го качества под нарезание резьбы и под следующее развертывание черновой разверткой	II
	Зенкерование с точностью по 11-му качеству и под чистовое развертывание	III
Развертывание	Черновое развертывание под чистовое	I
	Однократное развертывание или после черного развертывания	II

Таблица П. 3.11
 Подачи S_0^* , мм/об, при обработке отверстий в деталях из стали и чугуна

Вид обработки		Группа подач	d , мм												
			2,5	4	6	10	12	16	20	25	32	40	60	89	100
При обработке отверстий в стальных деталях															
Сверление при отношении $L_{\text{рез}}/d$	< 3	I	0,04	0,08	0,12	0,16	0,22	0,28	0,32	0,4	0,45	—			
	4...8		0,03	0,06	0,1	0,14	0,18	0,22	0,28	0,32	0,36				
	> 8	II				0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,3				
		III	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,18	0,2				
Зенкерование		I				0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
		II	—	—	—	0,3	0,32	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
		III				0,25	0,27	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
Развертывание		I	—	—	—	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0
		II				0,35	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,6
Цекование при разности диаметров, мм	5		—				—	0,2	0,25	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
	10						—			0,25	0,27	0,3	0,32	0,38	0,42
	20									—		0,2	0,25	0,3	0,32
	30											—	0,12	0,18	0,2

Окончание табл. П. 3.11

Вид обработки	Группа подач	d , мм															
		2,5	4	6	10	12	16	20	25	32	40	60	89	100			
Зенкование		—															
При обработке отверстий в чугунных деталях																	
Сверление при отноше- нии $L_{рез}/d$	≤ 3	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,35	0,45	0,5	0,55	0,6						
	4...8																
	≥ 8	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5			—			
	≥ 8	0,04	0,08	0,1	0,12	0,16	0,18	0,22	0,25	0,3	—						
Зенкерование	≥ 8	0,03	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,16	0,18	0,22	—						
	Зенкерование	I				0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7			0,8	1,0	1,1	
		II	—			0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55			0,6	0,65	0,7	0,8
		III															
Развертывание	I	—	—	—	—	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	3,6			
	II					0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,3			
Цекование Зенкование	I	—	—	—	—	0,23	0,25	0,28	0,3	0,33	0,35	0,4	0,5	0,55			
	II					0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55			

Таблица П. 3.12

**Скорость резания V^* , м/мин,
при обработке отверстий в стальных деталях**

S ₀ , мм/об, не более	Сверление							
	d, мм, не более							
	2,4	4	6	8	10	12	16	
0,06	17/39*	22/54	26/68	30/75	33/86	36/98	42/115	
0,1	—	17/44	20/56	23/62	26/74	28/82	32/96	
0,15		—	18/48	20/52	22/60	24/72	27/80	
0,2			15/42	17/46	18/50	20/56	23/64	
0,3			—	14/37	16/42	17/46	19/51	
0,4				—	—	14/37	16/42	
S ₀ , мм/об, не более	Сверление				Зенкерование			Цекование и зенкова- ние
	d, мм, не более							
	20	25	32	40	20	40	>40	
0,06	—	—			—	—		22/54
0,1	38/112				46/116			22/52
0,15	30/92	33/98	35/105	40/110	38/92			20/50
0,2	25/72	27/78	30/84	33/92	33/78	38/92	43/104	18/48
0,3	21/56	23/62	25/68	28/74	26/68	30/78	35/88	17/45
0,4	18/46	19/52	21/56	22/62	23/60	26/68	30/78	16/42
0,6	14/37	15/40	7/45	19/50	20/54	22/60	24/65	14/40
0,8	—			15/40	16/45	19/52	21/58	—
1,0				—	—	17/45	19/50	

*В числителе приведены скорости резания при обработке инструментом из быстрорежущей стали, в знаменателе — твердого сплава.

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Таблица П. 3.13

Коэффициент K_1 в зависимости от обрабатываемого материала

Марка обрабатываемой стали	15	30; 35; 40			45; 50			30X; 35X; 40X			20X	18XГГ	30XГГ	35XГС	
НВ	156	207	229	259	229	269	302	207	255	332	179	187	197	241	321
Материал рабочей части режущего инструмента	быстрорежущая сталь	1,3	1,1				0,7		0,8	0,6	1,3	1,1	0,7	0,6	0,5
		1,2		0,9	1,0	0,9		1,0							
Материал рабочей части режущего инструмента	твердый сплав		1,2	1,0			0,8		0,9	0,7	1,2	1,0	0,95	0,8	0,7

Таблица П. 3.14

Коэффициент K_2 в зависимости от периода стойкости инструмента

Инструмент	Материал рабочей части режущего инструмента	Период стойкости T , мин								
		≤ 15	30	60	100	150	200	250	300	400
Сверла, зенкеры, цековки	Быстрорежущая сталь	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75	0,65
Сверла, зенкеры	Твердый сплав	1,6	1,35	1,15						

Таблица П. 3.15

Коэффициент K_3 в зависимости от глубины обработки

Инструмент	Отношение длины резания к диаметру					
	≤ 3	4	5	6	8	10
Сверла	1	0,85	0,75	0,7	0,8	0,5
Зенкеры		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7

Примечание: При сверлении инструментом с двойной заточкой табличные значения скорости резания увеличивают на 10...15 %.

Таблица П. 3.16

Скорость резания V^* , м/мин, при обработке отверстий в чугунных деталях

S ₀ , мм/об, не более	Сверление												Зенкерование			Цекование, зенкование
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	20	40	>40		
0,06	21	24	27	30	32	—				—		—	—	—	23	
0,1	—	21	23	25	26	28	30	31	33	—		45	—	—	23	
0,15		17	19	20	22	23	25	26	28	30	32	39	43	—	22	
0,2		—	17	18	19	20	22	23	24	26	28	35	38	41	21	
0,3			15	16	17	18	20	21	22	24	25	31	24	36	20	
0,4			—			15	16	17	18	19	21	22	27	30	32	19
0,6			—			—		15	16	17	18	20	23	25	27	18
0,8			—			—				15	16	21	23	24	—	

* При сверлении и зенкерровании твердосплавным инструментом скорости резания увеличить в 2,5 раза, при цековании — в 2 раза.

Таблица П. 3.17

Коэффициент K_1 в зависимости от характеристики обрабатываемого металла

HB	143—207	163—229	170—241	Св. 241
K_1	1,15	1,0	0,9	0,8

Таблица П. 3.18

Коэффициент K_3 в зависимости от глубины обработки

Инструмент	Отношение длины резания к диаметру					
	≤ 3	4	5	6	8	10
Сверла	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,5
Зенкеры		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7

Таблица П. 3.19

Коэффициент K_2 в зависимости от периода стойкости инструмента

Инструмент	Материал рабочей части режущего инструмента	T_m , мин											
		≤ 15	30	60	100	150	200	250	300	400	600	800	1000
Сверла и зенкеры	Быстро-режущая сталь	1,3	1,2	1,1	1,0	0,95	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5
	Твердый сплав	2,15	1,65	1,25		0,85	0,75	0,7	0,65	0,55	0,5	0,45	0,4
Цековки и зенкеры	Быстро-режущая сталь	1,6	1,4	1,15		0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
	Твердый сплав	1,9	1,5	1,2		0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,55	0,5	0,45

Таблица П. 3.20

Скорость резания при развертывании и нарезании резьбы

Развертывание			Нарезание резьбы машинными метчиками								
Ква-литет	Параметр шерохо-ватости поверхно-сти Ra , мкм	V , м/мин	d , мм	S_0 , мм/об							
				0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
				V , м/мин							
8...9	3,2...1,6	25...50	6	8	9	10	—	—		—	
			14	11	12	13	14				
7...8	3,2...1,6	15...20	20	12	13	14	16	17	18		
			30	—	15	—	18	20	21		
7	1,6...0,8	8...12	60	—	60	—	23	24	24		24

Примечание. При нарезании резьбы в глухих отверстиях табличные значения скорости резания уменьшают на 20 %.

Таблица П. 3.21

Режимы резания при развертывании отверстий в чугуновых деталях

Квалитет	Параметр шероховатости поверхности Ra , мкм	V^* , м/мин
7–8	1,6	7–9
	3,2	9–11
9–10	3,2	12–14
	6,3	14–16

* Для твердосплавных разверток принимать скорость резания 30–40 м/мин.

Таблица П. 3.22

Скорость резания V^* , м/мин, при нарезании резьбы в чугуновых деталях

Диаметр резьбы d , мм	Шаг резьбы, мм						
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0
3–6	7	8	9	—			
8–10	8	9	10	11	—		
12–16	—	10	11	12	12	—	—
18–24	—		12	—	14	14	13
27 и более	—		13	—	15	14	14

* При нарезании резьбы в глухих отверстиях скорости резания уменьшаются на 20 %.
При нарезании неотчетственных резьб скорости резания увеличиваются на 10–15 %.

Обработка резцами

Таблица П. 3.23

Рекомендуемые подачи S_0 , мм/об, при точении, растачивании и подрезании

Обрабатываемый материал	Шероховатость поверхности, мкм	Радиус при вершине резца, мм		
		0,5	1,0	2,0
Сталь	$\leq Ra\ 3,2$	0,1	0,2	0,25
	$\geq Ra\ 3,2$	0,25	0,35	0,4
	$\geq Ra\ 6,3$	0,45	0,6	0,65
Чугун	$\leq Ra\ 3,2$	0,1	0,15	0,25
	$\geq Ra\ 3,2$	0,2	0,3	0,4
	$\geq Ra\ 6,3$	0,3	0,45	0,5

Подачи для стали с пределом прочности до 500 МПа умножаются на коэффициент 0,7; 700 МПа — 0,75; 900 МПа — 1,0; св. 900 МПа — 1,25.

Таблица П. 3.24

**Рекомендуемые подачи S_o , мм/об,
при прорезании и растачивании расточными головками**

Обрабатываемый материал	Резцы прорезные для канавок глубиной		Расточные головки
	до 3 мм	св. 3 мм	
Сталь	0,15	0,08	0,3...0,35
Чугун	0,2	0,12	0,4...0,5

Таблица П. 3.25

Скорость резания V , м/мин, при точении, подрезании, растачивании

t, мм	S _o , мм/об	Обрабатываемый материал								
		Сталь						Чугун		
		Материал режущей части инструмента								
		быстрорежущая сталь			твердый сплав					
		Главный угол в плане φ° резца								
		45	60	90	45	60	90	45	60	90
1,0	0,2	48			140			135		
	0,3	41			130			130		
	0,4	36			125			120		
	0,5	34			120			115		
	0,6	31			110			110		
	0,8	28			105			100		
2,5	0,2	42	39	37	130	120	110	115	105	100
	0,3	35	31	30	120	110	100	100	95	90
	0,4	30	27	26	110	100	90	95	85	80
	0,5	27	24	23	100	95	85	90	80	75
	0,6	25	22	21	95	90	80	85	75	70
	0,8	22	19	17	90	84	72	75	70	65
5,0	0,2	42	37	29	115	110	93	110	100	90
	0,3	33	29	23	105	100	86	100	90	80
	0,4	28	25	20	96	90	80	90	85	75
	0,5	24	22	18	90	83	73	85	80	70
	0,6	22	19	16	80	76	66	77	73	63
	0,8	19	17	14	68	62	55	70	65	56

Таблица П. 3.26

Скорость резания V , м/мин, при отрезании и прорезании

Резцы	Материал режущей части	Обрабатываемый материал	S_o , мм/об						
			0,08	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
Прорезные, отрезные	Твердый сплав	Сталь	100	92	85	77	65	57	52
		Чугун	90	82	72	62	56	49	45

Таблица П. 3.27

Коэффициент K_1 в зависимости от обрабатываемого материала

Материал режущей части ин- струмента	Обрабатываемый материал											
	Сталь (марка)										Чугун	
	30;35;40		45		35Х;38ХА; 40Х		20Х	40Х	18ХГТ; 30ХГТ			
	НВ											
	229	269	229	269	207	255	179	269	187	197	229	270
Сталь	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,7	1,3	0,7	1,0	0,7	—	—
Чугун	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,2	0,8	1,0	0,9	1,0	0,8

Таблица П. 3.28

Коэффициент K_2 в зависимости от периода стойкости инструмента

Обраба- тываемый материал	Резцы	Материал ре- жущей части инструмента	Стойкость, мин					
			30	60	100	150	200	300
Сталь	Проходные, расточные, подрезные, прорезные	P5M5	1,0	0,8	0,9	0,7	0,65	0,6
		T15K6	1,7	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8
		T30K4	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,65
		T5K10	1,1	0,9	0,8	0,65	0,55	0,4
Чугун		BK4	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
		BK6	1,3	1,15	1,0	0,9	0,85	0,75
		BK8	1,1	0,9	0,85	0,75	0,7	0,65

Таблица П. 3.29

Коэффициент K_3 в зависимости от вида обработки

Растачивание		Поперечное точение		
$D \leq 75$ мм	$D > 75$ мм	при отношении D_{\min}/D_{\max}		
		до 0,4	0,5...0,7	0,8...1,0
1,0	0,85	1,3	1,2	1,0

Приложение 4

Технические характеристики станков

Таблица П. 4.1

Вертикально-расточные станки повышенной точности

Изображение станка					
Назначение Расточка блоков цилиндров и гильз автомобильных, тракторных и мотоциклетных двигателей, а также сверление, подрезка торцов и расточка отверстий в отдельных деталях.				— Вертикальная шпиндельной бабки; — продольная стола; — поперечная стола	
				Типоразмер (конус) шпинделя	
				Метрический 80	
				Типы подач станка	
№ п/п	Модель станка	Частоты вращения шпинделя, об/мин		Подачи, мм/об	Размеры стола, мм
1	2Е78П $N = 3,7 \text{ кВт};$ $D_{\text{раст}} = (28-200)$	26; 37; 53; 76; 109; 150; 210; 300; 435; 600; 850; 1200		0,025; 0,05; 0,1; 0,2	1000×500
2	2733 П $N = 3,8 \text{ кВт};$ $D_{\text{раст}} = (28-320)$	26; 37; 53; 76; 109; 150; 210; 300; 435; 600; 850; 1200		0,025; 0,05; 0,1; 0,2	630×1250

Таблица П. 4.2

Горизонтально-расточные станки

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Размер стола, мм
1	2637, $N = 19 \text{ кВт};$ КПД = 0,75; $D_{\text{шп}} = 160 \text{ мм};$	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	1600×1800
2	2650Ф1, $N = 37 \text{ кВт};$ $D_{\text{шп}} = 160 \text{ мм};$ КПД = 0,75;	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800	0,88; 1,1; 1,4; 1,76; 2,2; 2,8; 3,5; 4,4; 5,6; 7; 8,8; 11,1; 14; 17,6; 22; 28; 35; 44; 56; 70; 88; 111; 140; 176; 220; 280; 350; 440; 560; 700	2240×2500

Окончание табл. П. 4.3

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об	Посадочный диаметр шпинделя, мм
2	1 K282 Число шпинделей — 8. Кол-во суппортов на станке — 7. КПД = 0,8. N = 55 кВт. D _{max} = 250 мм	45; 49; 52; 56; 60; 64; 68; 72; 77; 82; 88; 93; 99; 105; 112; 119; 127; 132; 135; 143; 144; 153; 164; 175; 187; 200; 201; 214; 228; 230; 243; 248; 259; 276; 293; 312; 332; 353; 375; 399; 425; 452; 482; 514; 549; 587; 628	0,071; 0,078; 0,085; 0,093; 0,102; 0,111; 0,12; 0,131; 0,142; 0,154; 0,168; 0,17; 0,183; 0,19; 0,199; 0,2; 0,217; 0,22; 0,237; 0,24; 0,259; 0,27; 0,281; 0,29; 0,313; 0,32; 0,34; 0,37; 0,41; 0,42; 0,44; 0,462; 0,48; 0,506; 0,52; 0,554; 0,57; 0,605; 0,62; 0,659; 0,68; 0,718; 0,75; 0,781; 0,82; 0,849; 0,923; 1,003; 1,091; 1,1; 1,187; 1,22; 1,292; 1,33; 1,409; 1,45; 1,538; 1,59; 1,683; 1,74; 1,846; 1,89; 2,031; 2,06; 2,24; 2,43; 2,64; 2,87; 3,13; 3,4; 3,71; 4,05	425js6

Таблица П. 4.4

Станки токарно-револьверные

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об		Максимальный диаметр заготовки в патроне, мм
1	1Г340П N = 6 кВт. КПД = 0,7. 16 поз. револьверной головки. Отверстие р.г = 30 мм. Ось р.г. — горизонтальная	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	Продольная	0,035; 0,067; 0,125; 0,236; 0,45; 0,85; 1,6	200
			Поперечная	0,02; 0,03; 0,06; 0,12; 0,22; 0,42; 0,8	

Окончание табл. П. 4.4

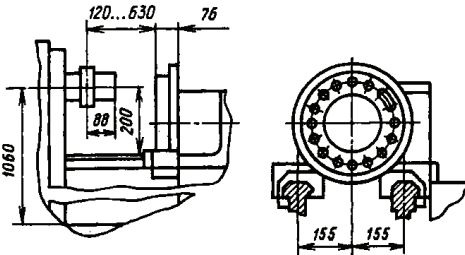
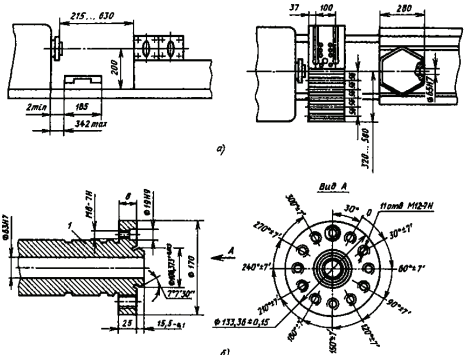
№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об		Максимальный диаметр заготовки в патроне, мм
2	1Е340П N = 6,3 кВт. КПД = 0,75. 6 поз. револьверной головки. Отверстие р.г = 65 мм. Ось р.г — вертикальная	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	Продольная	0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6	220
			Поперечная	0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8	
3	1Е365 N = 15 кВт. КПД = 0,75. 6 поз. револьверной головки. Отверстие р.г = 95 мм. Ось р.г — вертикальная	34; 48; 66; 96; 136; 188; 274; 385; 530; 777; 1080; 1500	Продольная	0,09; 0,12; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4; 2; 2,7	280
			Поперечная	0,045; 0,06; 0,09; 0,12; 0,17; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,35	
					
Рабочая зона станка 1 Г340 П			Рабочая зона станка 1 Е340 П		

Таблица П. 4.5

Станки токарно-карусельные

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об	Размер стола, мм
1	1512ПФ1 $N = \text{кВт.}$ КПД = 0,75	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	0,03; 0,05; 0,07; 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6; 2,24; 3,15; 4,5; 6,3; 9; 12,5	ø1250
2	1516ПФ1 $N = \text{кВт.}$ КПД = 0,75	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200	0,03; 0,05; 0,07; 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6; 2,24; 3,15; 4,5; 6,3; 9; 12,5	ø1800
3	1525 $N = \text{кВт.}$ КПД = 0,75	1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80	0,04; 0,06; 0,09; 0,12; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,71; 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11,2; 16	ø2500

Таблица П. 4.6

Станки хонинговальные вертикальные

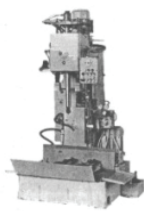
Изображение станка				
Назначение				
Хонингование отверстий в гильзах, блоках, шатунах, двигателях внутреннего сгорания и других деталях.				
№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Размер стола, мм
1	3K833, $D_{\text{обр}} = (30...125) \text{ мм};$	90, 145, 235	Бесступенчатое: (3—18)	500×1000

Таблица П. 4.7

Станки вертикально-сверлильные

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об	Размер стола, мм
1	2С132, $N = 2,8 \text{ кВт.}$ КПД = 0,8	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	0,1; 0,12; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,6	450×400
2	2Н125 $N = 2,2 \text{ кВт.}$ КПД = 0,8;	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6	400×450
3	2Н135 $N = 4 \text{ кВт.}$ КПД = 0,8	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6	450×500

Таблица П. 4.8

Станки радиально-сверлильные и координатно-сверлильные

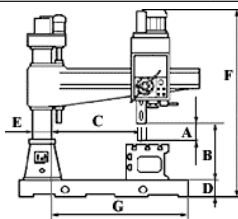
Назначение: сверление, рас- сверливание, зенкерование и нарезка резьбы в корпусных де- талях		Основные размеры, мм		
		$A = 400;$ $B = (450 \dots 1600);$ $C = (375 \dots 1600);$ $D = 250; E = 315;$ $F = 3500; G = 1912$		
№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/об	Размер стола, мм
1	2554 $D_{обр.} = 50$ мм. КПД = 0,85. $N = 5,5$ кВт	18; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	0,05; 0,063; 0,07; 0,09; 0,1; 0,125; 0,14; 0,18; 0,2; 0,25; 0,28; 0,35; 0,4; 0,56; 0,7; 0,8; 1; 1,12; 1,4; 1,6; 2; 2,21; 2,8; 3,2; 4; 4,5; 5	1600×860
2	2554 Ф2	Бесступенчато: 18 ... 2000	Бесступенчато: 0,045 ... 5,0	1600×860

Таблица П. 4.9

Станки фрезерные широкоуниверсальные горизонтальные

№ п/п	Модель станка	Частота враще- ния шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин		Размер стола, мм
1	6Р81, 6Р81Г КПД = 0,8. $N = 5,5$ кВт	50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Про- дольные	35; 45; 55; 65; 85; 115; 135; 170; 210; 270; 330; 400; 530; 835; 1020	250×1000
			Попе- речные	28; 35; 40; 52; 70; 90; 108; 130; 160; 210; 252; 310; 410; 535; 650; 790	
			Верти- кальные	14; 18; 20; 26; 35; 45; 55; 65; 80; 105; 126; 155; 205; 270; 325; 390	
2	6Р82Ш, 6Р82Г КПД = 0,8. $N = 7,5$ кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Про- дольные и попе- речные	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500	1250×320
			Верти- кальные	8,3; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210	
3	6Р83Ш, 6Р83Г КПД = 0,8. $N = 11$ кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Про- дольные и попе- речные	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500	1600×400
			Верти- кальные	8,3; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210	

Таблица П. 4.10

Станки вертикально-фрезерные

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин		Размер стола, мм
1	6Р11 КПД = 0,83. N = 5,5 кВт	50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Продольные	35; 45; 55; 65; 85; 115; 135; 170; 210; 270; 330; 400; 530; 835; 1020	250×1000
			Поперечные	28; 35; 40; 52; 70; 90; 108; 130; 160; 210; 252; 310; 410; 535; 650; 790	
			Вертикальные	14; 18; 20; 26; 35; 45; 55; 65; 80; 105; 126; 155; 205; 270; 325; 390	
2	6Т12 КПД = 0,8. N = 7,5 кВт	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Продольные и поперечные	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	—
			Вертикальные	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400	
3	6Т13 КПД = 0,8. N = 11 кВт	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Продольные и поперечные	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	—
			Вертикальные	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400	

Таблица П. 4.11

Станки горизонтально-фрезерные консольные


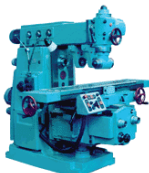
Рисунок станка					
Назначение: обработка цилиндрическими, торцевыми, концевыми, фасонными и другими фрезами			6Т82Г, 6Т83Г, 6Т82, 6Т83		
№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин		Размер стола, мм
1	6Т82–1 КПД = 0,85. N = 7,5 кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Продольные и поперечные	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 4000	1250×320
			Вертикальные	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 416,6; 533,3; 1330	
2	6Т82 КПД = 0,8. N = 7,5 кВт	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	Продольные и поперечные	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	1250×320
			Вертикальные	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3	
3	6Т83–1 КПД = 0,85. N = 11 кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000	Продольные и поперечные	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 4000	1600×400
			Вертикальные	4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 416,6; 533,3; 1330	

Таблица П. 4.12

Станки продольно-фрезерные

№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин		Размер стола, мм
1	6605 $N = 11$ кВт. КПД = 0,75	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 600; 800; 1000; 1250; 1600	Стола	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3000	500×1600
			Шпин- деля	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3000	
2	6606 $N = 11$ кВт. КПД = 0,75	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 600; 800; 1000; 1250; 1600	Стола	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3000	630×2000
			Шпин- деля	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	
3	6 Г608 $N = 15$ кВт. КПД = 0,7;	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	Стола	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500	630×2500
			Шпин- деля	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000	

Таблица П. 4.13

Станки плоскошлифовальные

№	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача		Размер стола, мм
1	3Б722 $N = 10$ кВт. С прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. Круг: $D_{\text{макс}} = 450$ мм; $D_{\text{мин}} = 325$ мм; $H = 203$ мм; $T = 63$ мм. Размеры заготовки: $400 \times 1000 \times 320$ мм	1460	Стола — продольная	Бесступенчатая: (2...40) м/мин	320×1000
			Стола — поперечная	Бесступенчатая: (1...30) мм/мин	
			Круга — вертикальная	Бесступенчатая: (0,005...1) мм/дв. ход	
2	3Е711В $N = 5,5$ кВт. С крестовым столом и горизонтальным шпинделем. Размеры заготовки: $630 \times 200 \times 320$ мм. Круг: $250 \times 40 \times 76$	2680	Стола — продольная	Бесступенчатая: (2...35) м/мин	630×200
			Стола — поперечная	Бесступенчатая: (0.5...20) мм/дв. ход	
			Круга — вертикальная	Бесступенчатая: (0,001÷0,09) мм/дв. ход	
3	3Д732 $N = 17$ кВт. С прямоугольным столом и вертикальным шпинделем. Размеры устанавливаемой заготовки: $800 \times 320 \times 400$ мм. Круг: $400 \times 300 \times 125$	1500	Стола — продольная	Бесступенчатая: (1...30) м/мин	800×320
			Круга — вертикальная	Бесступенчатая: (0,004...0,1) мм/дв. ход	

Таблица П. 4.14

Круглошлифовальные автоматы и полуавтоматы

№	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин		Подача	
		Изде- лия	Бессту- пенчатая: (50÷500)	Продоль- ная изде- лия	Бесступенчатая: (0,05...5) м/мин
1	3М152 N = 11 кВт. КПД = 0,8. Размеры заготовки: ø200×1000. Круг: 1,600×80×305; V _{окр} до 50 м/с	Круга	1590	Круга по- перечная врезная	Бесступенчатая: (0,05...4,5) мм/мин
				Круга по- перечная периоди- ческая	Бесступенчатая: (0,0025...0,005) мм/ход
2	3М162 N = 18,5 кВт. КПД = 0,8. Размеры заготовки: ø280×1000. Круг: 1,750×80×305; V _{окр} до 50 м/с	Изде- лия	Бессту- пенчатая: (40÷400)	Продоль- ная изде- лия	Бесступенчатая: (0,05...5) м/мин
				Круга по- перечная врезная	Бесступенчатая: (0,05...4,5) мм/мин
				Круга по- перечная периоди- ческая	Бесступенчатая: (0,0025...0,005) мм/ход
3	3М164 N = 18,5 кВт. КПД = 0,8. Размеры заготовки: ø280×2000. Круг: 1,750×80×305; V _{окр} до 50 м/с	Изде- лия	Бессту- пенчатая: (40÷400)	Продоль- ная изде- лия	Бесступенчатая: (0,05÷5) м/мин
				Круга по- перечная врезная	Бесступенчатая: (0,05...4,5) мм/мин
				Круга по- перечная периоди- ческая	Бесступенчатая: (0,0025...0,005) мм/ход

Таблица П. 4.15

Станки внутришлифовальные


№ п/п	Модель станка	Частота вращения шпинделя, об/мин		Подача		D _{отв} , мм
		Изде- лия	Бесступенча- тая: (280 ÷ 2000)	Про- доль- ная из- делия	Бесступен- чатая: (1÷7) м/мин	
1	3К225А N = 5,5 кВт. Размеры заготовки: Ø (50...200) мм. Круг: 1,3...25×8...25×1...6. КПД = 0,85	Изде- лия	Бесступенча- тая: (280 ÷ 2000)	Про- доль- ная из- делия	Бесступен- чатая: (1÷7) м/мин	3...50
		Круга	Бесступенча- тая: (20000÷40000)	Круга по- пе- речная пе- ри- одиче- ская	(0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006) мм/дв. ход	
2	3К227А N = 7 кВт. Размеры заготовки: Ø400×125 мм. Круг: 1.20...80×20...50×6...20 КПД = 0,85	Изде- лия	Бесступенча- тая: (60÷1200)	Про- доль- ная из- делия	Бесступен- чатая: (1...7) м/мин	20...150
		Круга	7200; 9000; 12000; 18000; 22000	Круга по- пе- речная пе- ри- одиче- ская	(0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006) мм/дв. ход	
3	3К228В N = 5,5 кВт. Размеры заготовки: Ø(50...200) мм. Круг: D _{max} = 175 мм. T = 63 мм. КПД = 0,85	Изде- лия	Бесступенча- тая: (100÷600)	Про- доль- ная из- делия	Бесступен- чатая: (1...7) м/мин	20...200
		Круга	4500; 6000; 9000; 13000	Круга по- пе- речная пе- ри- одиче- ская	(0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006) мм/дв. ход	

Приложение 5

Вспомогательный и режущий инструмент

Таблица П. 5.1

Патроны сверлильные трехкулачковые с ключом. ГОСТ 8522–78

Условное обозначение	Типо-размер патрона	Диапазон зажима	Конус инструментальный Морзе укороченный	Эскиз
4-B10	4	От 0,5 до 4	B10	
6-B12	6	От 0,5 до 6	B12	
8-B12	8	От 1,0 до 8	B16	
10-B16	10	От 1,0 до 10		
13-B16	13	От 1,0 до 13	B16	
16-B18	16	От 3,0 до 16	B18	
20-B22	20	От 5,0 до 20	B22	

Пример условного обозначения патрона: Патрон 4-B10 ГОСТ 8522–79

Таблица П. 5.2

Патроны для метчиков предохранительные. ГОСТ 8255–85

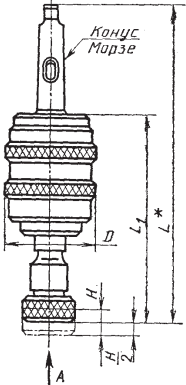
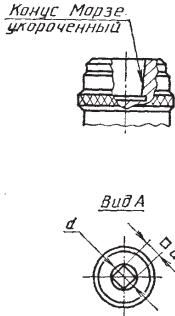
Условное обозначение	Номиналь- ный диаметр резьбы мет- чика	Обозначение конуса Морзе патрона		Эскиз
		Исп. 1	Исп. 2	
M5-M12-2	От M5 до M12	2	B18	<div><div>Исполнение 1</div><div>Исполнение 2</div></div>
M5-M12-B18				
M10-M18-3	От M10 до M18	3	—	
M10-M18-B18				
M12-M30-3	От M12 до M30	4	—	
M12-M30-4				
M24-M52-5	От M24 до M52	5	—	
M24-M52-6		6	—	

Таблица П. 5.3

**Оправка с конусом Морзе для сверлильных патронов.
ГОСТ 2682–86**

Условное обозначение	Обозначение конуса Морзе	Обозначение укороченного конуса Морзе	Эскиз
6039—0003	2	B 10	
6039—0006	2	B12	
6039—0022	3		
6039—0007	1	B 16	
6039—0011	1	B18	
6039—0012	2		
6039—0016	2	B22	
6039—0017	3		

Таблица П. 5.4

**Втулки переходные для крепления инструмента с коническим хвостовиком.
ГОСТ 13598–85**

Обозначение	Наружный конус Морзе	Внутренний конус Морзе	Эскиз
6100–0201	2	1	
6100–0202	3	1	
6100–0203	3	2	
6100–0204	4	2	
6100–0205	4	3	
6100–0206	5	3	
6100–0207	5	4	
6100–0293	6	3	
6100–0208	6	4	
6100–0209	6	5	
6100–0121	Метрический 80	5	
6100–0122	Метрический 80	6	
6100–0125	Метрический 120	6	

Таблица П. 5.5

Оправки с продольной шпонкой для насадных фрез. ГОСТ 13787–68

Обозначение	d , мм	D , мм	L , мм	Конус Морзе	Эскиз
6220–0001	16	24	105	2	
6220–0002	16	40	125	3	
6220–0003	22	40	130	3	
6220–0004	27	40	130	3	
6220–0006	32	40	140	3	
6220–0008	22	46	160	4	
6220–0009	27	46	160	4	
6220–0011	32	46	160	4	
6220–0012	40	46	180	4	

Таблица П. 5.6

Оправки с продольной шпонкой для насадных фрез. ГОСТ 13786–68

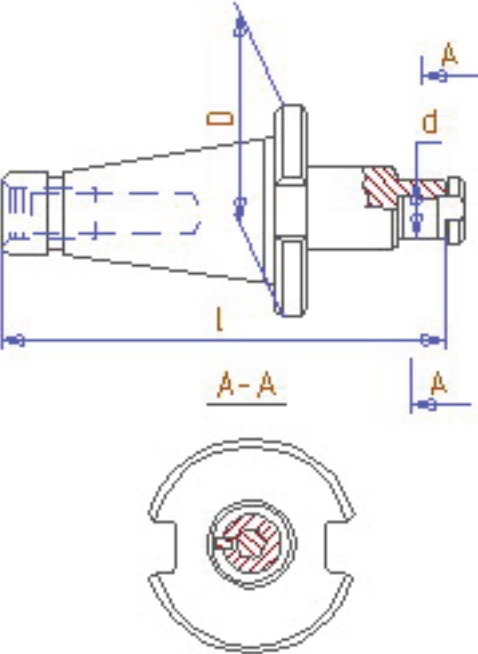
Обозначение	d , мм	D , мм	L , мм	Конусность 7:24	Эскиз
6222—0051	16	63	150	40	
6222—0052	16	63	180		
6222—0053	22	63	160		
0222—0054	22	63	180		
6222—0055	27	63	170		
6222—0056	27	63	210		
6222—0057	32	63	180		
6222—0058	32	63	240		
6222—0060	22	100	240	50	
6222—0061	27	100	210		
6222—0062	27	100	250		
6222—0063	32	100	220		
6222—0064	32	100	280		
6222—0065	40	100	240		
6222—0066	40	100	300		
6222—0067	40	160	320		
6222—0068	40	160	380		
6222—0068	50	160	340		
6222—0070	50	160	400		
6222—0071	22	80	180	45	
6222—0072	22	80	210		
6222—0073	27	80	180		
6222—0074	27	80	230		
6222—0075	32	80	200		
6222—0076	32	80	260		
6222—0077	40	80	230		
6222—0078	40	80	280		

Таблица П. 5.7

Втулки переходные для концевых фрез с коническим хвостовиком. ГОСТ 13790—68

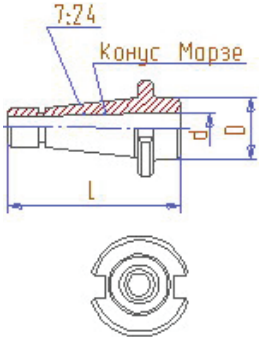
Обозначение	Конусность 7:24	Конус Морзе	Эскиз
6103—0001	40	2	
6103—0002		3	
6103—0003		3	
6103—0004	50	4	
6103—0005		5	
6103—0007		5	
6103—0008	60	6	
6103—0009		2	
6103—0011		3	
6103—0012		4	

Таблица П. 5.8

Патроны цанговые с конусом 7:24 для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком. ГОСТ 26539—85

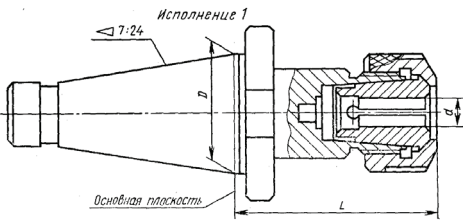
Обозначение конуса	D, мм	d, мм	L, мм, не более	Эскиз
30	31,75	От 2 до 12	90	
40	44,45			
50	69,85			
30	31,75	От 10 до 25	100	
40	44,45			
50	69,85			
30	31,75	От 15 до 40	110	
40	44,45			
50	69,85			

Таблица П. 5.9

Оправки расточные с креплением резца под углом 90 градусов

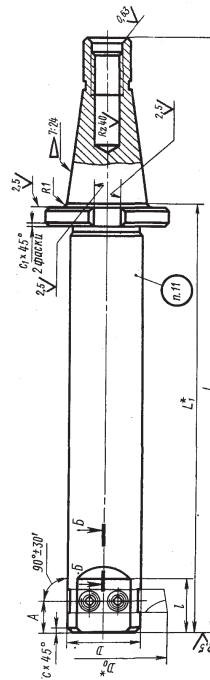
Обозначение	Диаметр растачивания D_0 , мм	Обозначение конуса 7:24	Сечение резца, мм	L_1 , мм	Эскиз
6300—0801	От 35 до 50	40	8×8	96,6	
6300—0802	От 45 до 60		10×10	106,6	
6300—0803				206,6	
6300—0804	От 55 до 75		12×12	146,6	
6300—0805				266,6	
6300—0806	От 70 до 95		16×16	166,6	
6300—0807				326,6	
6300—0808	От 90 до 120		20×20	206,6	
6300—0809				406,6	
6300—0813	От 35 до 50	45	8×8	93,2	
6300—0814	От 45 до 60		10×10	103,2	
6300—0815				213,2	
6300—0816	От 55 до 75		12×12	153,2	
6300—0817				273,2	
6300—0818	От 70 до 95		16×16	173,2	
6300—0819				323,2	
6300—0821	От 90 до 120		20×20	213,2	
6300—0822				393,2	
6300—0823	От 110 до 150		25×25	133,2	
6300—0825	От 45 до 60	50	10×10	133,2	
6300—0826				233,2	
6300—0827	От 55 до 75		12×12	153,2	
6300—0828				273,2	
6300—0829	От 70 до 95		16×16	173,2	
6300—0831				323,2	
6300—0832	От 90 до 120		20×20	213,2	
6300—0833				403,2	
6300—0834	От 110 до 150		25×25	213,2	
6300—0835				403,2	

Таблица П. 5.10

Оправки расточные с креплением резца под углом 45 градусов

Обозначение	Диаметр растачивания D_0 , мм	Конус Морзе	Сечение резца, мм	D , мм	L , мм	L_1 , мм	b	
6300—0722	30—45	3	8×8	25	170	76	8,3	
6300—0724					240	146		
6300—0726	40—55		10×10	32	190	96		
6300—0728					280	186		
6300—0731	30—45	4	8×8	25	200	82,5		
6300—0733					260	142,5		
6300—0735	40—55		10×10	32	210	92,5		
6300—0737					300	182,5		
6300—0739	50—65		12×12	40	240	122,5		
6300—0742					340	222,5		
6300—0744	60—85		16×16	50	280	162,5		
6300—0744					420	302,5		

Таблица П. 5.11

Оправки расточные с креплением резца под углом 60 градусов

Обозначение	Диаметр раста- чивания D_0 , мм	Конус Морзе	Сечение резца, мм	D , мм	L , мм	L_1 , мм	b
6300—0652	75—90	5	16×16	50	300	150,5	13
6300—0654					450	300,5	
6300—0656	85—115		20×20	63	340	190,5	
6300—0658					560	410,5	
6300—0661	110—140		25×25	80	280	130,5	
6300—0663	135—180		32×32	100	280	130,5	
6300—0665	75—90	6	16×16	50	360	150,0	16,3
6300—0667					530	320,0	
6300—0669	85—115		20×20	63	400	190,0	
6300—0672					600	390,0	
6300—0674	110—140		25×25	80	450	240,0	
6300—0676					710	500,0	
6300—0678	135—180		32×32	100	340	130	

Таблица П. 5.12

Применение твердых сплавов без износостойких покрытий

Марка сплава по ГОСТ 3882–74*	Обрабатываемый материал	Условия применения
Обработка стали		
T30K4	Сталь (Сливная стружка)	Окончательное точение (тонкое), растачивание, развертывание (высокая точность обработки и качество поверхности изделия)
T15K6	Сталь (Сливная стружка)	Точение чистовое (кроме тонкого точения) и получистовое, в том числе по копиру, нарезание резьбы, фрезерование, рассверливание, растачивание
T14K6	Сталь, ковкий чугун и цветные металлы. Сливная стружка	Точение чистовое и получистовое, в том числе по копиру, фрезерование, окончательное строгание. Допускается для черновой обработки при благоприятных условиях резания
TT20K9	Сталь нелегированная, низко- и среднелегированная	Силовое фрезерование (прерывистое), в том числе глубоких пазов, другие виды обработки, при которых у сплава должно быть высокое сопротивление тепловым и механическим нагрузкам
T5K10	Сталь, ковкий чугун. Сливная стружка.	Предварительное точение, фрезерование, строгание. Работа в неблагоприятных условиях — по корке
TT10K8-Б	Обработка высоколегированных и труднообрабатываемых сталей	
T5K12, TT7K12	Сталь с включениями песка и раковинами. Сливная стружка и стружка надлома	Предварительное точение, строгание. Работа в особо неблагоприятных условиях — предварительная отливка, по загрязненной корке, сварным швам, при больших неравномерностях припуска

Окончание табл. П. 5.12

Марка сплава по ГОСТ 3882–74*	Обрабатываемый материал	Условия применения
Обработка чугунов и цветных металлов		
ВКЗ, ВКЗМ	Серый чугун, преимущественно высокой твердости, алюминиевые сплавы с большим содержанием кремния, закаленная сталь, абразивные пластмассы, керамика, стекло. Стружка надлома	Окончательное (тонкое) точение, растачивание, фрезерование, шабрение
ВК6-ОМ	Легированные чугуны, закаленные стали, коррозионно-стойкие, высокопрочные и жаропрочные стали и сплавы. Стружка надлома	Окончательное (кроме тонкого) и полуокончательное точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы
ВК6 М	Серый и ковкий чугуны преимущественно повышенной твердости, закаленная сталь, алюминиевые и медные сплавы, пластмассы, стекло, керамика. Стружка надлома	Точение, растачивание, фрезерование, шабрение (чистовое и получистовое)
ТТ8 К6		
ВК6, ВК4	Серый чугун, цветные металлы, абразивная прессованная древесина, пластмассы. Стружка надлома	Точение, фрезерование, строгание, сверление, растачивание (чистовое и получистовое)
ВК8, ВК10-ОМ	Серый чугун низкой твердости и прочности, сталь низкой прочности, древесина, цветные металлы, пластмассы, плотная древесина. Стружка надлома	Предварительное точение, фрезерование, строгание, сверление. Работа в неблагоприятных условиях. Допустимы большие передние углы заточки инструмента
ВК15	Цветные металлы, древесина, пластмассы. Стружка надлома	Предварительное точение, фрезерование, строгание

Таблица П. 5.13

Смазочно-охлаждающие жидкости для различных материалов и видов обработки

Вид обработки	СОЖ для обработки	
	углеродистой и легированной стали	цветных сплавов
Обтачивание		
Твердосплавными резцами	Укринол-1 (3...5 %) Аквол-2 (7 %) Аквол-6 (5 %)	—
Резцами из быстрорежу- щей стали	Аквол-11 (3 %) Укринол-1 (3 %) Аквол-2 (5 %) Аквол-6 (5 %)	Укринол-1 (3...8 %) Аквол-6 (3...8 %) Аквол-11 (3...5 %) ОСМ-3
Глубокое сверление, рас- тачивание, раскатывание	МР-3	МР-3
Протягивание	МР-IV, ЛЗ-СОЖ-2 СО, Укринол-1 (5...10 %)	ОСМ-3
Хонингование	ЛЗ-СОЖ 1 а ЛЗ-СОЖ 18 ОСМ-1 ОСМ-3	ЛЗ-СОЖ 1 а
Шлифование	Аквол-ЮМ (3...10 %-ный), Аквол-11 (3...10 %-ный)	Аквол-11 (5...10 %-ный)
Сверление, зенкерование, развертывание	Укринол-1 (5 %) Аквол-10 (5 %) МР-IV	Укринол-1 (8...10 %) Аквол-11 (10 %) Аквол-6 (10 %)
Резьбонарезание	МР-7 ЛЗ-СОЖ-ЗСИО	Укринол-1 (3...5 %) ОСМ-3
Фрезерование дисковыми фрезами из быстрорежу- щей стали	Укринол-1 (3 %)	Укринол-1 (3...5 %-ный), Аквол-6 (3...5 %-ный)
Зубофрезерование	ОСМ-3 МР-14 ЛЗ-СОЖ-2 СО	ОСМ-3 МР-1—4
Зубодолбление	ОСМ-3 МР-3 МР-IV	ОСМ-3 МР-3
Зубошевингование	МР-4 МР-14 ОСМ-5	ОСМ-5

Приложение 6

Примеры выбора вспомогательного и режущего инструмента

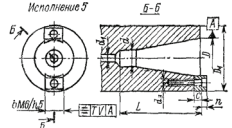
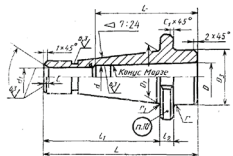
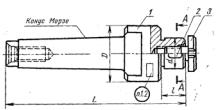
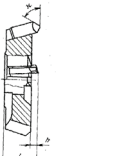
Таблица П. 6.1

Концы шпинделей фрезерных станков с конусом 7:24 по ГОСТ 24644–81

Модель							Обозначение конуса	Исполнение
6Т11	6Р11Ф3	6Н80Г	6Т80Г	6676Ф2	6Р81Ш	6М80Ш	40	5
6Т12	6Р13	6520Ф3	6Т82Г	6Т83Г	6Т62Ш	6Т83Ш	45	5
6550Ц		6550МФ3		6560МФ3		6560Ц	50	6
6М83Ш	6М81Ш	6М82Ш	6605	6606	6608	6610	50	5
6632		6641		6642				

Таблица П. 6.2

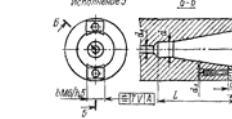
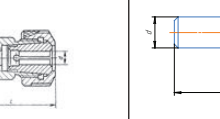
Выбор режущего и вспомогательного инструментов для вертикально-фрезерного станка с концом шпинделя с конусом 7:24 по ГОСТ 24644–81

Шпиндель станка 7:24–45 по ГОСТ 24644–81	Втулка 6103–0012 ГОСТ 13790–68	Оправка 6220–0012 ГОСТ 13787–68	Фреза 2214–0004 Т5К10 ГОСТ 24359–80
			

1. Втулка 6103–0012 ГОСТ 13790–68 (Кон.7:24 = 45; Морзе 4); 2. Оправка 6220–0012 ГОСТ 13787–68 (Морзе 4; $d = 40$); 3. Фреза 2214–0004 Т5 К10 ГОСТ 24359–80 ($D = 120$, $d = 40$; $z = 8$).

Таблица П. 6.3

Выбор режущего и вспомогательного инструментов для горизонтально-фрезерного станка с концом шпинделя с конусом 7:24 по ГОСТ 24644–81

Шпиндель станка 7:24–45 по ГОСТ 24644–81	Патрон цанговый 1–40–10–90 ГОСТ 26539–85	Фреза 2220–0382 Т5К10 ГОСТ 18372–73
		

1. Патрон цанговый 1–40–10–90 ГОСТ 26539–85 (Кон.7:24 = 40, $d = 10$ мм); 2. Фреза 2220–0382 Т5 К10 ГОСТ 18372–73 ($D = 10$ мм, $Z = 10$, $L = 95$ мм, $l = 45$ мм).

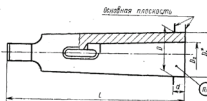
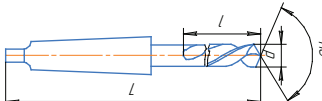
Таблица П. 6.4

Концы шпинделей сверлильных и расточных станков

Модель					Обозначение конуса
2421	2Н118	2Б420	2А430	2Е118Ф2	Морзе 2 по ГОСТ 24644–81
2Н118Ф2	—	—	—	—	
2431	2Н125Л	2Н125	—	—	Морзе 3 по ГОСТ 24644–81
2Е440А	2Н135	2Р135Ф2–1	2457	2458	Морзе 4 по ГОСТ 24644–81
2459	2А450	—	—	—	
2Н150	2М55	2554	2Ш55	2М615	Морзе 5 по ГОСТ 24644–81
2620ВФ1	2620ГФ1	2Л614	2615	2620В	
2Г175	2М57	2М58–1	2622В	2622ВФ1	Морзе 6 по ГОСТ 24644–81
2Д132МФ2	6902ПМФ2	ИР320ПМФ4	—	—	40 по ГОСТ 15945–82
2Е450А	2455	2А620–1	6904ВМФ2	2Д450АФ2	45 по ГОСТ 15945–82
2Е460А	2Е470А	2550МФ2	2550Ф2	2554Ф2	50 по ГОСТ 15945–82
2554МФ2	6906ВМФ2	2404ВМФ4	ИР500МФ4	ИР800МФ4	
2А622МФ2	2623ПМФ4	2254ВМФ4	2А622–1	—	

Таблица П. 6.5


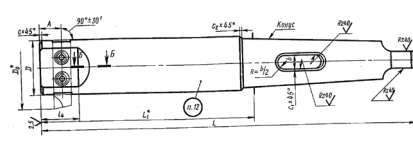
Выбор режущего и вспомогательного инструментов для вертикально-сверлильного станка с конусом шпинделя Морзе 4 по ГОСТ 24644–81

Шпиндель — Морзе 4 по ГОСТ 24644–81	Втулка 6100–0204 ГОСТ 13598–85	Сверло 2301–3627 Р6М5 ГОСТ 10903–77
		

1. Втулка 6100–0204 ГОСТ 13598–85 (Морзе 2 — Морзе 4); 2. Сверло 2301–3627 Р6М5 ГОСТ 10903–77 ($D = 20$ мм; хвостовик — Морзе 2).

Таблица П. 6.6

Выбор режущего и вспомогательного инструментов для координатно-расточного станка с конусом шпинделя Морзе 4 ГОСТ 24644–81

Резец 2142–0295 Т30К4 ГОСТ 9795–84	Оправка 6300–0545 ГОСТ 21221–75	Шпиндель — Морзе 4 ГОСТ 24644–81
		

1. Оправка 6300–0545 ГОСТ 21221–75 (Морзе 4, $D = (70–95)$ мм); 2. Резец 2142–0295 Т30К4 ГОСТ 9795–84 ($12 \times 12 \times 50$).

Приложение 7

Нормативы вспомогательного времени

Таблица П. 7.1

Нормативы времени на обслуживание рабочего места и отдых

Наименование станка	$t_{об.отд}$, в % от оперативного времени
Токарные: высота центров до 125 мм до 200 мм до 300 мм	6 6,5 7
Вертикально и радиально-сверлильные (работа с механической подачей): наибольший диаметр сверления до 12 мм до 50 мм до 75 мм	5,5 6 6,5
Горизонтально-, вертикально- и универсально-фрезерные (работа с механической подачей): длина стола станка до 750 мм до 50 мм до 75 мм	6...8 7...9 7,5...9,5

Таблица П. 7.2

Техническое обслуживание рабочего места при шлифовании.

Время на правку шлифовального круга t_n , мин

Правка	Правящий инстру- мент	Поверх- ность правки	Ширина круга или радиус, мм	Шероховатость поверхности Ra , мкм, до	
				0,63	0,32
Круглошлифовальные станки					
Без установ- ки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-ме- таллический каран- даш, твердосплавные диски и ролики	Торец, перифе- рия кру- га	До 10	1,3	1,5
			40	1,4	1,6
			60	1,6	1,9
			80	1,8	2,2
Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)					
Без установ- ки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-ме- таллический каран- даш	Пери- ферия круга	До 20	0,9	1
			30	1	1,1
			40	1,1	1,2
			60	1,2	1,3

Таблица П. 7.3

Нормы времени на отдых и естественные надобности при шлифовании

Наименование станка	$t_{отд}$, в % от оперативного времени
Круглошлифовальные:	
точность шлифования 5-й квалитет	6
6-й квалитет	5
7-й квалитет	4
Внутришлифовальные:	
точность шлифования 6-й квалитет	6
7-й квалитет	5
8-й квалитет	4

Нормы подготовительно-заключительного времени при работе на токарно-револьверных станках приведены в табл. П. 7.4...П. 7.6

Таблица П. 7.4

Организационная подготовка

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки:	
	а) на рабочем месте	4,0
	б) в раздаточной кладовой	9,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П. 7.5

Пробная обработка заготовки

№ п/п	Количество резцов, устанавливаемых с допуском на обработку менее 0,1 мм	Оперативное время обработки, мин				
		3	5	10	15	св. 15
		Время, мин				
1	2	6	8	12	14	17
2	5	9	11	15	17	20

Таблица П. 7.6

Наладка станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовки	Количе- ство ин- стру- ментов в наладке	Группа станков			
			I	II	III	IV
			Наибольший диаметр обработки, мм			
			12...25	36	65	св. 110
			Время, мин			
1	В патроне или на оправке	4	14	16	18	19
2		8	19	26	28	30
3		10	26	35	38	40
1	В специальном при- способлении	4	18	20	24	25
2		8	23	30	34	36
3		10	30	39	44	46
1	В любом приспособо- вании при группо- вой обработке	4	10	11	12	13
2		8	13	18	20	21
3		10	18	25	27	28

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на сверлильных и расточных станках указаны в табл. П. 7.7... П. 7.9.

Таблица П. 7.7

Организационная подготовка

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки:	
	а) на рабочем месте	4,0
	б) в раздаточной кладовой	5,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П. 7.8

Наладка станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовки	Число инстру- ментов	Наибольший диа- метр сверления, мм		
			12	50	75
1	На столе без крепления	1...5	3	4	5
		6...10	—	5	6
2	На столе с креплением заготовки двумя болтами	1...5	4	5	6
		6...10	—	7	8
3	В приспособлении или тисках без их кре- пления	1...5	5	6	7
		6...10	—	7	8
4	В приспособлении или тисках с их крепле- нием	1...5	—	9	10
		6...10	—	10	11

Таблица П. 7.9

Дополнительные приемы

№ п/п	Способ крепления заготовки	Наибольший диаметр сверления, мм		
		12	50	75
1	Поворот стола на угол	—	2	2
2	Установка многошпиндельной головки	—	20	25
3	Установка дополнительного упора	1	1	1,5

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на фрезерных станках приведены в табл. П. 7.10...П. 7.13.

Таблица П. 7.10

Организационная подготовка

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки:	
	а) на рабочем месте	4,0
	б) в раздаточной кладовой	10,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П. 7.11

Наладка станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовок	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	На столе с креплением болтами и планками	12	14	16	18
2	В тисках или патроне с креплением 4 болтами	14	16	18	20
3	В патроне делительной головки	17	19	21	23
4	При установке вручную в специальном приспособлении	14	16	18	20

Таблица П. 7.12

Установка фрез

№ п/п	Количество устанавливаемых фрез	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	1...2	2	2	2	2
2	3...4	4	4	4	4
3	5...6	6	6	6	6

Таблица П. 7.13

Дополнительные приемы

№ п/п	Количество устанавливаемых фрез	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	Поворот стола на угол	1	1	1	1
2	Поворот шпиндельной бабки	2	2	2	2
3	Установка упора	2	3	3	4

В табл. П. 7.14... П. 7.16 приведены нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на шлифовальных станках.

Таблица П. 7.14

Организационная подготовка

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки: а) на рабочем месте б) в раздаточной кладовой	4,0 9,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П. 7.15

На круглошлифовальных станках, мин

№ п/п	Способ установки заготовок	Высота центров станка, мм	
		150	200
1	В центрах, в центрах на оправке	7	8
2	В самоцентрирующем патроне	10	11
3	В самоцентрир. патроне и люнете	12	14
4	В четырехкулачковом патроне	14	16

Таблица П. 7.16

На внутришлифовальных станках, мин

№ п/п	Способ установки заготовки	Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм		
		до 130	до 260	до 500
1	В самоцентрирующем или цанговом патроне	7	9	11
2	В четырехкулачковом патроне	15	17	19
3	В специальном приспособлении	8	10	12

Таблица П. 7.17

Время выхаживания при шлифовании, $t_{\text{вых}}$

Точность обработки, мм	Ширина шлифова- ния, мм	≤ Ra 1,6				≤ Ra 0,8			
		<i>t</i> _{вых} , мин, при диаметре шлифуемой поверхности, мм							
		до 16	40	100	160	до 16	40	100	160
До 0,025	До 16	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
	40	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22
	100	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25
	160	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,24	0,27
0,025...0,05	До 16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15
	40	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,17
	100	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,17	0,19
	160	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,19	0,22

Таблица П. 7.18

Слой, снимаемый при выхаживании

Время выхаживания, мин	$z_{\text{вых}}$, мм, при минутной подаче, мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	св. 2,0
0,1	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,2	0,015	0,025	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Приложение 8

Мощность резания

Таблица П. 8.1

Условная мощность при работе резцами $N_{\text{таб}}$, кВт

S_o , мм/об	Глубина резания t , мм										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
0,06	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
0,08	0,27	0,55	0,8	1,1	1,3	1,6	2,2	2,7	3,2	4,3	5,4
0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,3	3,0	3,6	4,7	5,8
0,12	0,35	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7,1
0,16	0,4	0,8	1,4	1,6	2,1	2,5	3,4	4,2	5,1	6,7	8,4
0,2	0,5	0,9	1,5	1,8	2,5	3,0	4,0	4,9	5,9	7,8	9,8
0,25	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,7	5,8	7,0	9,3	11,6
0,3	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	5,3	6,7	8,0	10,6	13,6
0,4	0,8	1,7	2,5	3,4	4,2	5,0	6,6	8,3	10,0	13,2	16,6
0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	4,9	5,9	7,8	9,8	12,0	15,6	19,5
0,6	1,1	2,2	3,4	4,5	5,6	6,7	8,9	11,0	13,4	18,8	22,3
0,8	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	11,0	14,0	16,6	22,5	27,7
1,0	1,6	3,3	5,0	6,6	8,2	10,0	13,2	16,5	19,5	26,0	33,0
1,2	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,0	15,0	19,0	22,6	30,2	37,8

Таблица П. 8.2

Коэффициент на мощность резания при работе резцами, K_p

Материал режущей части	Обрабатываемый материал									
	сталь							чугун		
	Твердость, НВ									
	156	207	229	269	285	302	321	229	241	295
Быстрорежущая сталь	0,75	0,9	1	1,15	1,2	1,3	1,4	0,45	0,5	0,55
Твердый сплав	0,6	0,7	0,75	0,8	0,8	0,85	0,9			

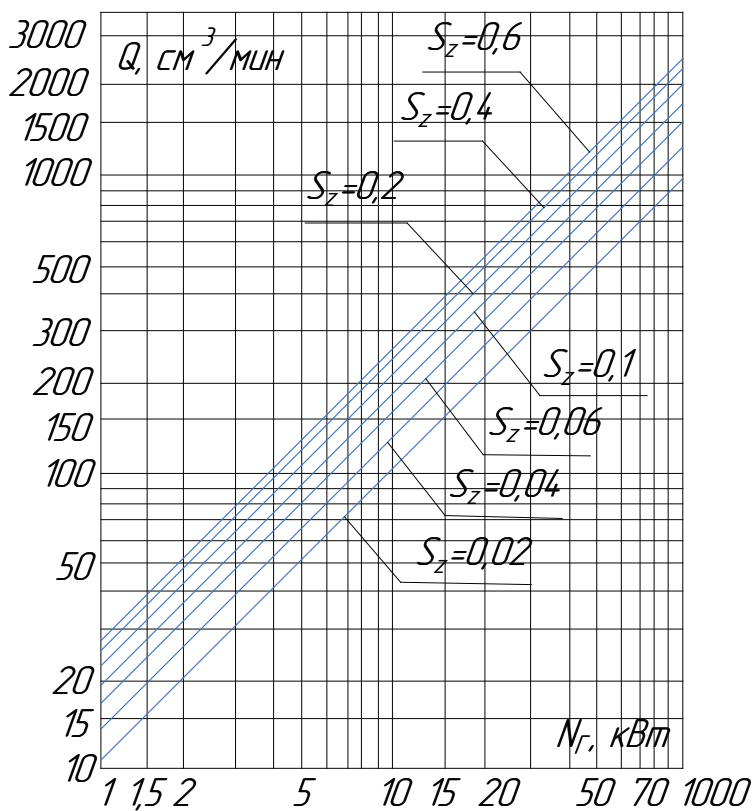


Рис. П. 8.1. Мощность резания N_T при фрезеровании

Таблица П. 8.3

Коэффициент на мощность резания при работе фрезами, K_p

Материал режущей части	Обрабатываемый материал									
	Сталь							Чугун		
	Твердость, НВ									
	156	207	229	269	285	302	321	229	241	295
Быстрорежущая сталь	0,7	0,9	1	1,15	1,2	1,3	1,4	1	1,1	1,2
Твердый сплав	0,75	1,2	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,2	1,3	1,4

Таблица П. 8.4

Мощность резания N , кВт, при сверлении стали

Диаметр отверстия, мм	S_o , мм/об	Скорость резания v , м/мин							
		13	15	17	20	23	26	30	35
4	0,06	0,06	0,07	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	0,17
	0,1	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21	0,25
6	0,06		0,1				0,18		0,24
	0,1	0,14	0,16	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,37
	0,16	0,2	0,23	0,26	0,31	0,35	0,4	0,46	0,54
8	0,06	0,11	0,13	0,15	0,17	0,2	0,23	0,26	0,31
	0,1	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,36	0,42	0,49
	0,16	0,27	0,31	0,35	0,41	0,48	0,54	0,62	0,72
	0,2	0,31	0,36	0,4	0,48	0,55	0,62	0,72	0,83
10	0,06	0,14	0,17	0,19	0,22	0,26	0,29	0,33	0,39
	0,1	0,23	0,26	0,3	0,35	0,4	0,46	0,52	0,61
	0,16	0,33	0,38	0,43	0,51	0,58	0,66	0,76	0,89
	0,2	0,39	0,45	0,51	0,6	0,69	0,78	0,9	1,05
12	0,1	0,27	0,32	0,36	0,42	0,49	0,62	0,64	0,74
	0,16	0,41	0,48	0,54	0,64	0,73	0,83	0,96	1,1
	0,2	0,48	0,56	0,63	0,74	0,85	0,97	1,1	1,3
	0,3	0,66	0,76	0,86	1,0	1,16	1,3	1,5	1,76
16	0,16	0,54	0,63	0,71	0,84	0,96	1,1	1,37	1,46
	0,2	0,62	0,72	0,81	0,96	1,1	1,25	1,57	1,67
	0,3	0,88	1,0	1,15	1,36	1,56	1,76	2,2	2,4
	0,4	1,1	1,3	1,45	1,7	1,97	2,2	2,8	3,0
20	0,16	0,66	0,77	0,87	1,0	1,17	1,32	1,53	1,8
	0,2	0,79	0,91	1,0	1,21	1,39	1,57	1,8	2,1
	0,3	1,1	1,27	1,45	1,68	1,94	2,2	2,5	2,95
	0,4	1,39	1,6	1,8	2,13	2,46	2,78	3,2	3,74

Таблица П. 8.5

Коэффициент на мощность резания при сверлении стали, K_p

Показатель	Значение							
НВ	156	207	229	269	285	302	321	375
K_p	0,75	0,9	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,45

Таблица П. 8.6

Мощность резания N , кВт, при сверлении чугуна

Диаметр от- верстия, мм	S_o , мм/об	Скорость резания v , м/мин							
		10	13	15	17	20	26	30	40
4	0,06	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,1
	0,1	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,16
6	0,06	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,17
	0,1	0,06	0,08	0,1	0,11	0,13	0,17	0,19	0,25
	0,2	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,29	0,33	0,45
8	0,06	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,14	0,17	0,22
	0,1	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,23	0,26	0,35
	0,2	0,15	0,19	0,23	0,26	0,29	0,38	0,44	0,59
	0,3	0,2	0,26	0,3	0,34	0,4	0,52	0,6	0,8
10	0,06	0,07	0,09	0,1	0,11	0,13	0,17	0,2	0,27
	0,1	0,11	0,14	0,16	0,18	0,22	0,24	0,32	0,43
	0,2	0,18	0,24	0,28	0,31	0,37	0,48	0,55	0,74
	0,3	0,25	0,33	0,38	0,43	0,51	0,66	0,74	1,0
12	0,1	0,13	0,17	0,2	0,22	0,26	0,34	0,39	0,52
	0,2	0,22	0,29	0,33	0,38	0,3	0,34	0,4	0,52
	0,3	0,32	0,41	0,48	0,54	0,64	0,83	0,95	1,27
	0,4	0,4	0,52	0,6	0,68	0,8	1,0	1,2	1,6
16	0,1	0,17	0,22	0,26	0,29	0,34	0,45	0,51	0,68
	0,2	0,3	0,39	0,45	0,51	0,6	0,78	0,9	1,2
	0,3	0,42	0,54	0,63	0,71	0,84	1,1	1,25	1,67
	0,4	0,52	0,67	0,78	0,88	1,0	1,35	1,55	2,07
20	0,1	0,22	0,29	0,33	0,38	0,45	0,58	0,67	0,9
	0,2	0,37	0,48	0,55	0,62	0,73	0,95	1,1	1,47
	0,3	0,53	0,68	0,79	0,90	1,05	1,37	1,58	2,1
	0,4	0,65	0,85	0,98	1,1	1,3	1,67	1,95	2,6

Таблица П. 8.7

Коэффициент на мощность резания при сверлении чугуна, K_p

Показатель	Значение		
HB	207	229	295
K_p	0,9	1,1	1,25

Таблица П. 8.8

Мощность резания N , кВт, при рассверливании стали

Разность диаметров ($D - d$), мм	S_o , мм/об, не более	Скорость резания v , м/мин							
		11,5	15	20	23	26	30	35	40
10	0,3	—	—	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6
	0,4	—	—	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9
	0,5	—	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2
	0,6	—	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5
	0,7	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9
15	0,3	—	—	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9
	0,4	—	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2
	0,5	—	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5
	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9
	0,7	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3
	0,85	1,1	1,4	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	4,3
20	0,3	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9
	0,4	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3
	0,5	1,1	1,4	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	4,3
	0,6	1,2	1,6	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3
	0,7	1,4	1,9	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3	5,0
	0,85	1,6	2,2	2,9	3,3	3,8	4,3	5,0	5,7
30	0,3	1,2	1,6	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3
	0,4	1,4	1,9	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3	5,0
	0,5	1,6	2,2	2,9	3,3	3,8	4,3	5,0	5,7
	0,6	1,9	2,5	3,3	3,8	4,3	5,0	5,7	6,5
	0,7	2,2	2,9	3,8	4,3	5,0	5,7	6,5	7,5
	0,85	2,5	3,3	4,3	5,0	5,7	6,5	7,5	8,6

Таблица П. 8.9

Коэффициент на мощность резания при рассверливании стали, K_p

Показатель	Значение						
HВ	109	129	158	194	234	285	343
K_p	0,65	0,72	0,85	1,0	1,15	1,35	1,5

Таблица П. 8.10

Мощность резания N , кВт, при рассверливании чугуна

Разность диаметров $(D - d)$, мм	S_o , мм/об, не более	Скорость резания v , м/мин							
		11,5	15	20	23	26	30	35	40
10	0,4	—	—	—	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5
	0,5	—	—	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
	0,6	—	—	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
	0,7	—	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2
	0,85	—	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5
15	0,4	—	—	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
	0,5	—	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2
	0,6	—	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5
	0,7	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5
	0,85	1,0	1,3	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3
	1,0	1,1	1,5	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8
20	0,4	—	1,1	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9
	0,5	1,0	1,3	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3
	0,6	1,1	1,5	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8
	0,7	1,4	1,7	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,4
	0,85	1,5	1,9	2,5	2,9	3,3	3,8	4,4	5,0
	1,0	1,7	2,2	2,9	3,3	3,8	4,4	5,0	5,8
30	0,4	1,0	1,3	1,7	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3
	0,5	1,1	1,5	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8
	0,6	1,3	1,7	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,4
	0,7	1,5	1,9	2,5	2,9	3,3	3,8	4,4	5,0
	0,85	1,6	2,2	2,9	3,3	3,8	4,4	5,0	5,8
	1,0	1,9	2,5	3,3	3,8	4,4	5,0	5,8	6,6

Таблица П. 8.11

Коэффициент на мощность резания при рассверливании чугуна, K_p

Показатель	Значение		
НВ	< 180	180...230	> 230
K_p	0,84	1,0	1,2

Таблица П. 8.12

Мощность резания N , кВт, при зенкеровании стали и чугуна

Глубина резания, мм	S_0 , мм/об	Сталь						Чугун					
		V , м/мин											
		16	20	25	32	40	50	16	20	25	32	40	50
0,5	0,2	0,18	0,22	0,27	0,35	0,44	0,55	0,11	0,13	0,17	0,21	0,27	0,34
	0,4	0,29	0,36	0,45	0,52	0,72	0,9	0,18	0,22	0,27	0,35	0,44	0,55
	0,6	0,4	0,5	0,62	0,8	1,0	1,25	0,24	0,3	0,38	0,48	0,6	0,75
	1,0	0,56	0,7	0,87	1,12	1,4	1,75	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25
	1,5	0,75	0,94	1,17	1,5	1,88	2,35	0,45	0,56	0,7	0,9	1,12	1,4
	2,0	0,91	1,14	1,42	1,82	2,3	2,85	0,55	0,66	0,85	1,1	1,36	1,7
1,0	0,2	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0	0,19	0,24	0,3	0,38	0,48	0,6
	0,4	0,51	0,64	0,8	1,0	1,28	1,6	0,3	0,38	0,48	0,6	0,76	0,95
	0,6	0,67	0,84	1,0	1,35	1,68	2,1	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25
	1,0	0,66	0,82	1,0	1,32	1,65	0,66	0,6	0,74	0,93	1,18	1,48	1,85
	1,5	1,28	1,6	2,0	2,58	3,2	4,0	0,77	0,96	1,2	1,5	1,9	2,4
	2,0	1,6	2,0	2,58	3,2	4,0	5,0	0,94	1,2	1,5	1,9	2,4	3,0
2,0	0,2	0,53	0,66	0,82	1,0	1,32	1,65	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1,0
	0,4	0,88	1,1	1,37	1,76	2,62	2,75	0,53	0,66	0,82	1,0	1,32	1,65
	0,6	1,17	1,46	1,83	2,34	2,9	3,65	0,7	0,88	1,1	1,4	1,76	2,2
	1,0	1,71	2,14	2,68	3,4	4,3	5,35	1,0	1,28	1,6	2,0	2,6	3,2
	1,5	2,24	2,8	3,5	4,5	5,6	7,0	1,3	1,7	2,1	2,7	3,4	4,2
	2,0	2,77	3,46	4,3	5,5	6,9	8,7	1,7	2,1	2,7	3,4	4,2	5,2

Таблица П. 8.13

Коэффициент на мощность резания при зенкеровании стали и чугуна, K_p

Сталь								Чугун		
HB										
156	207	229	269	285	302	321	375	207	229	295
0,75	0,9	1,0	1,1	1,2	1,25	1,3	1,45	0,9	1,1	1,25

Учебное издание

Галкин Михаил Геннадьевич
Коновалова Ирина Викторовна
Смагин Алексей Сергеевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Редактор О. С. Смирнова
Верстка О. П. Игнатьевой

Подписано в печать 22.03.2018. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ.л. 16,1.
Уч.-изд. л. 10,2. Тираж 50 экз. Заказ 98.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: +7 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

